Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald

Die Fruktifikation in den Jahren 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding

Theodoros Veltsistas

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546821_0004

Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald

Die Fruktifikation in den Jahren 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Theodoros Veltsistas
aus Aitolikon/Griechenland

München 1980

Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der Promotion: 24. 2. 1982

Berichterstatter: Prof.Dr. P. Burschel
Prof.Dr. A. v. Schönborn
Prof.Dr. K. Kreutzer
Prof.Dr. W. Koch

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit entstand auf Anregung und unter der wissenschaftlichen Anleitung von Herrn Prof. Dr. P. Burschel, Inhaber des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München. Ihm schulde ich für seine vielseitige Betreuung und seine eingehende Beratung in allen Phasen der Untersuchung den größten Dank.

Herrn Prof. Dr. J. Huss habe ich für seine Hilfe bei der Planung und Anlage der Versuchsflächen sowie bei der Auswertung der Ergebnisse vielmals zu danken.

Herrn Prof. Dr. A. von Schönborn, Inhaber des Lehrstuhls für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung, spreche ich meinen besten Dank aus für die freizügige Benützung eines Teiles seines Labors zur Durchführung der Keimprüfungen sowie für seine wertvollen Anmerkungen zu meiner Arbeit.

Auch seiner Mitarbeitern, Frau Dr. G. Eicke, möchte ich an dieser Stelle für die Einführung in die Problematik der Keimprüfung, die Betreuung der Keimgeräte sowie die wertvolle fachliche Beratung noch einmal herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. F. Franz danke ich herzlich für seine freundliche und wertvolle fachliche Beratung. Von seinen Mitarbeitern möchte ich besonders Herrn Dr. E. Kennel für seine vielfältige Unterstützung bei der Entwicklung der FORTRAN-Programme danken.

Mein Aufenthalt in der Bundesrepublik Deutschland wurde mir durch ein Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) ermöglicht. Herrn Dr. Küpper und allen Mitarbeitern des DAAD danke ich herzlich für ihre Hilfsbereitschaft.

Herrn Prof. Dr. P. Burschel, Herrn Dr. H. Mayer, Herrn H. Schmidt und Herrn R. Mosandl danke ich besonders für ihre äußerst gründliche Durchsicht und Korrektur des Textes in sprachlicher Hinsicht.

Allen ungenannten Kollegen und Mitarbeitern am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung sowie den Studenten, die als Hilfskräfte bei der mühsamen Arbeit der Trennung der Samen von der Streu geholfen haben, möchte ich an dieser Stelle für ihre tatkräftige Hilfe meinen besten Dank aussprechen.

Besonders danke ich Frau K. Rittler für die mühevolle Anfertigung der Entwurfsfassung sowie für die sorgfältige Abfassung der Reinschrift. Mein Dank gilt auch Herrn G. Högel für die Ausführung der Abbildungen.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie für ihr Verständnis und ihre ständige Unterstützung danken.

München, im Dezember 1980

Theodoros Veltsistas

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. Fragestellung	1
2. Die Versuchsanlage	1
2.1 Das Grundmuster	1
2.2 Waldbauliche Eingriffe	6
2.3 Die Standorte	7
2.4 Die waldbauliche Ausgangslage	8
2.5 Die Witterung im Versuchszeitraum	12
3. Der Zapfenbehang	12
3.1 Methode	12
3.2 Ergebnisse	17
3.21 Das Ausmaß der Fruktifikation	16
3.22 Witterung und Fruktifikation	18
3.23 Zapfenmenge und Zapfendichte	20
3.24 Die Zapfenproduktion auf den einzelnen Versuchsparzellen	26
4. Samendichte, Samenqualität und Samenfall	30
4.1 Methode	30
4.11 Die Samenfänge und ihre Kontrolle	30
4.12 Sortierung des gesammelten Materials	30
4.13 Die Bestimmung der Samenqualität	31
4.14 Der Beobachtungszeitraum	32
4.15 Statistische Auswertung der Ergebnisse	32
4.2 Die Samendichte	33
4.3 Die Verteilung der Samen	38
4.4 Die keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen	49
4.41 Die Samendichten	49
4.42 Die Samendichte beeinflussende Faktoren	52
4.5 Keimfähigkeit bzw. Lebensfähigkeit der Samen	55
4.51 Fichtensamen	58
4.52 Tannensamen	61
4.53 Bucheckern	65
4.54 Ahornfrüchte	69

Seite

4.6 Der Verlauf des Samenfalls 70
4.61 Vorbemerkung 70
4.62 Die Fichtensamen 71
4.63 Die Tannensamen 77
4.64 Die Bucheckern 79
4.65 Die Früchte des Ahorn 81
4.66 Der Samenfall im Verhältnis zum Streufall 83

4.7 Streu- und Samenmengen 87
4.71 Vorbemerkung 87
4.72 Die Streumengen 87
4.73 Die Samen und Früchte 90

4.8 Das Verjüngungspotential auf den Femellöchern 94
4.81 Vorbemerkung 94
4.82 Dichte und Verteilung der Samen und Früchte auf den Femeln 96

5. Diskussion der Ergebnisse 107
5.1 Der Zapfenbehang 107
5.2 Dichte der Samen und Früchte 109
5.3 Der Samenfall 117
6. Zusammenfassung 119
7. Literaturverzeichnis 125
8. Anhang
Nr. 1: Ertragskundliche Charakteristika und Zapfenbehang der Einzelbäume auf den Versuchsflächen.
Nr. 2: Die Parameter zur Charakterisierung der Samendichte auf den Versuchsparzellen.
Nr. 3: Die theoretischen Verteilungen und ihre Anpassung an empirische Verteilungen mit Hilfe des χ^2-Anpassungstests.
Nr. 4: Verteilung der Samen auf die einzelnen Samenfänge jeder Parzelle.
Nr. 5: Vergleich der Mittelwerte.
Nr. 6: Der Vergleich unabhängiger empirischer Verteilungen von Häufigkeitsdaten.

Abkürzungen

$\sum$	(sigma) Summenzeichen
$\bar{x}$	Mittelwert, arithmetisches Mittel einer Stichprobe
$\tilde{x}$	Median
ν / FG	Freiheitsgrad
V % / V	Variationskoeffizient
SXQ % / $s_{\bar{x}}$ %	Standardfehler (Standardabweichung) des Mittelwertes in Prozent des Mittelwertes
t, T	Prüfgröße des t-Tests
T * SXQ %	95 %-Mutungsgrenzen mit FG = 30-1 = 29
α	(alpha) Irrtumswahrscheinlichkeit
F	Varianzverhältnis, Prüfgröße des F-Tests
F_α	aus Tabellen entnommener F-Wert für vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit
F	durch die Varianzanalyse errechneter F-Wert
q	Klumpungsindex
χ^2	(chi-Quadrat) Prüfgröße des χ^2-Tests
SCHF 1	Schiefe I
SCHF 2	Schiefe II (s. Anhang Nr. 2)
SCHF 3	Schiefe III

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Klimatologische Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1975; DEUTSCHER WETTERDIENST- ZENTRALTAMT, 1962).

Tab. 2: Wichtige standörtliche Charakteristika der Versuchsflächen.

Tab. 3: Die wichtigsten ertragskundlichen Daten der Versuchsparzellen (Versuchsflächen sind durch Doppellinien voneinander getrennt).

Tab. 4: Witterung in Südbayern von Januar 1976 bis Dezember 1978. (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1976; 1977; 1978)

Tab. 5: Witterungsablauf im Untersuchungsgebiet von Januar 1976 bis Dezember 1978. Daten der Klimahauptstationen Bad Reichenhall (B), Kotzing (K) und Reit im Winkl (R) des Deutschen Wetterdienstes. (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1976; 1977; 1978)

Tab. 6: Der durchschnittliche Zapfenbehang je Baum an Fichte und Tanne auf den Versuchsflächen, sowie die Klassifizierung der Fruktifikation nach den Systemen MESSER, 1948 (1), Reichsforstamt, 1941 (2) und ZASADA u. VIERECK, 1970 (3). (Die Versuchsfläche Nr. 7 (Weidewald) wurde in diesem Zusammenhang nicht bearbeitet.)

Tab. 7: Die Witterung in den Sommermonaten, gemessen auf den amtlichen Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes Bad Reichenhall (B), Kotzing (K) und Reit im Winkl (R). (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1975; 1976; 1977)

Tab. 8: Zahl der fruktifizierenden Fichten sowie Zapfendichten auf den Versuchsparzellen.

Tab. 9: Zahl der fruktifizierenden Tannen und Zapfendichten auf den Versuchsparzellen.

Tab. 10: Kenndaten der Korrelationsanalyse für die Beziehungen zwischen der Samen- und Zapfendichte.

Tab. 11: Durchschnittliche Samenzahl pro Zapfen, berechnet aus der Zahl der am Boden der Versuchsparzellen gefundenen Samen und der Zapfenzahl.

Tab. 12: Anzahl der Zapfen je fruktifizierendem Baum, Stück.

Tab. 13: Die durchschnittliche Anzahl der Zapfen pro Quadratmeter Grundfläche von Fichte und Tanne (die Tanne fruktifizierte 1977 nicht).

Tab. 14: Die Samendichte, Stück pro Quadratmeter.

Tab. 15: Einfluß waldbaulicher Eingriffe (Überschirmungsgrad) auf die Dichte der Fichtensamen 1977. (DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse $\hat{F} > F_{0,05}$)

Tab. 16a: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Fichte. Samenjahr 1976 und 1977.

Tab. 16b: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Tanne; Samenjahr 1976.

Tab. 16c: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Buche; Samenjahr 1977.

Tab. 16d: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Ahorn; Samenjahr 1977.

Tab. 17: Zusammenstellung der Klumpungsindizes, die auf den einzelnen Versuchsparzellen ermittelt wurden.

Tab. 18: Die Häufigkeit - ausgedrückt in Prozent der möglichen Fälle - in der die ermittelten Verteilungen der Samen am Boden nach dem χ^2-Test an theoretische Verteilungen angepaßt werden.

Tab. 19: Die Dichten der keimfähigen Samen und der lebensfähigen Früchte, Stück pro Quadratmeter. (Die Werte ergeben sich aus der Multiplikation der mittleren Dichtewerte je Parzelle aus Tab. 14 mit dem Keimprozent.)

Tab. 20: Einfluß waldbaulicher Eingriffe (Überschirmungsgrad) auf die Dichte der keimfähigen Fichtensamen im Samenjahr 1977. (DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse mit $\hat{F} > F_{0,05}$)

Tab. 21: Einfluß des Standortes auf die Dichte der keimfähigen Fichtensamen im Samenjahr 1977. (DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse mit $\hat{F} > F_{0,01}$)

Tab. 22: Die Dichten keimfähiger Samen bzw. Früchte je Baum der Oberschicht und je Quadratmeter Grundfläche der Bäume der Oberschicht. Durch Varianzanalysen ließen sich keine Unterschiede zwischen den Werten absichern, gleichgültig ob sie nach Beschirmungsintensitäten oder nach Versuchsflächen geordnet worden waren.

Tab. 23: Die Keimprozente (prozentualer Anteil keimfähiger Samen an der gesamten Samenzahl).

Tab. 24: Durchschnittliche Kiemprozente der Fichtensamen auf den waldbaulich verschieden behandelten Parzellen. Unterschiede zwischen den Werten sind als zufällig anzusehen, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.

Tab. 25: Durchschnittliche Keimprozente der Fichtensamen auf den einzelnen Versuchsflächen (durch Linien verbundene Werte unterscheiden sich statistisch nicht).

Tab. 26: Ergebnisse der Regressionsanalyse zur Bestimmung der Beziehung zwischen Keimprozent und Samendichte (SD).

Tab. 27: Durchschnittliche Keimprozente der Tannensamen im Jahr 1976 auf den waldbaulich unterschiedlich behandelten Parzellen. (Varianzanalyse: $\hat{F} < F_{0,05}$)

Tab. 28: Durchschnittliche Keimprozente der Tannensamen des Jahres 1976 auf den einzelnen Versuchsflächen (durch Linien verbundene Werte unterscheiden sich statistisch nicht).

Tab. 29: Durchschnittlicher Anteil lebensfähiger Bucheckern und Ahornfrüchte auf den waldbaulich verschieden behandelten Parzellen. (Unterschiede zwischen den Werten sind als zufällig anzusehen, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.)

Tab. 30: Durchschnittliche Lebensfähigkeit der Buchen- und Ahornfrüchte im Jahr 1977 auf den einzelnen Versuchsflächen. (Alle Unterschiede sind im statistischen Sinne als zufällig zu betrachten, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.)

Tab. 31: Der Verlauf des Samenfalls. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976.

Tab. 32: Der Verlauf des Samenfalls. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1977.

Tab. 33: Der Verlauf des Samenfalls nach dem Samenjahr 1976, aufgeteilt nach Herbst, Winter und Frühjahr. Baumart: Fichte.

Tab. 34: Verlauf des Samenfalls nach dem Samenjahr 1977, aufgeteilt nach Sommer, Herbst, Winter und Frühjahr/-sommer. Baumart: Fichte.

Tab. 35: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976.

Tab. 36: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1977.

Tab. 37: Ergebnisse nicht-parametrischer Vergleiche von Verläufen des Abfalls der keimfähigen Samen bzw. Früchte auf ausgewählten Parzellen.

Tab. 38: Nicht-parametrische Vergleiche des Abfalls der keimfähigen Samen bzw. Früchte auf ausgewählten Parzellenpaaren.

Tab. 39: Der Verlauf des Samenfalls. Baumart: Tanne; Samenjahr: 1976.

Tab. 40: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1977.

Tab. 41: Verlauf des Eckernfalls. Baumart: Buche, Samenjahr: 1977.

Tab. 42: Verlauf des Falls der keimfähigen Eckern. Baumart: Buche; Samenjahr: 1977.

Tab. 43: Der Verlauf des Falls der Ahornfrüchte. Samenjahr: 1977.

Tab. 44: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Ahornfrüchte. Samenjahr: 1977.

Tab. 45: Statistische Parameter für die Streu (Laubstreu, Nadelstreu und Knospenschuppen) im Zeitraum 1.9. 1977 bis 31.8.1978.

Tab. 46: Trockengewichte der Streu, kg/ha.

Tab. 47: Trockengewichte (kg/ha) von Blüten, Samen und Früchten im Zeitraum 1.9.1976 bis 31.8.1977.

Tab. 48: Trockengewichte (kg/ha) von Blüten, Samen und Früchten im Zeitraum 1.9.1977 bis 31.8.1978.

Tab. 49: Samendichten und Keimprozente auf den Femelhieb-Parzellen.

Tab. 50: Beziehungen zwischen der Dichte der Fichtensamen (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Tab. 51: Beziehungen zwischen der Dichte der keimfähigen Fichtensamen (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Tab. 52: Beziehungen zwischen der Eckerndichte (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) im Mastjahr 1977 nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Tab. 53: Beziehungen zwischen den Dichten der lebensfähigen Bucheckern (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) im Mastjahr 1977 nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Tab. 54: Dichten und Vollkornprozente von Fichtensamen nach Angaben verschiedener Autoren.

Tab. 55: Dichten von Bucheckern nach Angaben verschiedener Autoren.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Die geografische Lage der Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding.

Abb. 2: Die Anordnung der Parzellen auf der Hauptversuchsfläche.

Abb. 3: Das Grundmuster der Versuchsparzelle mit der Anordnung der 30 Samenfänge.

Abb. 4: Die Verteilung der Samenfänge auf den Femelparzellen (oben) und auf der Weidewaldfläche (unten).

Abb. 5: Samenfang am Boden einer Versuchsparzelle.

Abb. 6: Dichte und Artenzusammensetzung der Samen im Jahr 1976.

Abb. 7: Dichte und Artenzusammensetzung der Samen im Jahr 1977.

Abb. 8: Die Verteilung der Fichtensamen am Boden (Stück/m^2), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

Abb. 9: Die Verteilung der Tannensamen am Boden (Stück/m^2), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

Abb. 10: Die Verteilung der Bucheckern am Boden (Stück/m^2), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

Abb. 11: Die Dichten der keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen auf den Versuchsparzellen, Samenjahr 1976.

Abb. 12: Die Dichten der keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen auf den Versuchsparzellen, Samenjahr 1977.

Abb. 13: Prozentualer Anteil der keimfähigen Fichtensamen an der Gesamtzahl der gefallenen Samen (Keimprozent).

Abb. 14: Die Keimfähigkeit der Tannensamen, Versuchsjahr 1976.

Abb. 15: Beziehungen zwischen Samendichte und Keimprozent für die Baumart Tanne.

Abb. 16: Die prozentuálen Anteile der lebensfähigen an der Gesamtzahl der gefallenen Eckern im Jahre 1977. Außerdem ist der Prozentsatz an Eckern aufgeführt, die einen Embryo ausgebildet hatten, der jedoch durch Fäule oder Insektenbefall zerstört worden war.

Abb. 17: Beziehungen zwischen Samendichte und Keimprozent. Baumart: Buche.

Abb. 18: Prozentualer Anteil der nach dem Tetrazoliumtest lebensfähigen und nicht lebensfähigen Früchte des Ahorns im Jahre 1977. Die Differenz zu 100 % wird durch Hohlkörner und - in geringem Umfang - durch insektengeschädigte Samen gebildet.

Abb. 19: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Hauptversuchsfläche (Parzelle 1.0) im Samenjahr 1976.

Abb. 20: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Südfläche (Parzelle 6.0) im Samenjahr 1976.

Abb. 21: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Hauptversuchsfläche (Parzelle 1.0) im Samenjahr 1977.

Abb. 22: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Südfläche (Parzelle 6.0) im Samenjahr 1977.

Abb. 23: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976; Parzelle: 9.4. Beispiel für hohe Dichten.

Abb. 24: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976; Parzelle: 1.4. Beispiel für geringe Dichten.

Abb. 25: Beziehungen zwischen der Dichte der Fichtensamen und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 50.

Abb. 26: Beziehungen zwischen der Dichte der keimfähigen Fichtensamen und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 51.

Abb. 27: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Tanne; Samenjahr: 1976; Parzelle: 1.4.

Abb. 28: Beziehungen zwischen der Eckerndichte und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E), nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 52.

Abb. 29: Beziehungen zwischen der Dichte der lebensfähigen Bucheckern und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 53.

Abb. 30: Verteilungsbilder der Eckerndichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Buche; Samenjahr 1977; Parzelle: 1.4; Beispiel für relativ große Dichten.

Abb. 31: Verteilungsbilder der Eckerndichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Buche; Samenjahr: 1977; Parzelle: 2.4; Beispiel für geringe Dichten.

Abb. 32: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Ahorn; Samenjahr: 1977; Parzelle: 1.4.

Abb. 33: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Ahorn; Samenjahr: 1977; Parzelle: 2.4.

1. Fragestellung

Die Nutzung und gleichzeitige Verjüngung von Wäldern, die aus Buche, Fichte und Tanne zusammengesetzt sind, und die von den Forstleuten als Bergmischwälder bezeichnet werden, bereitet schon seit Jahrzehnten erhebliche Schwierigkeiten. Diese Schwierigkeiten bestehen, obwohl die Erhaltung der besonders ertragreichen und stabilen Waldform seit je das erklärte Ziel des Waldbaus in den süddeutschen Forstverwaltungen war (BAYER. (KGL.) MINISTERIAL-FORST-BUREAU, 1861).

Zur Klärung der Probleme, die mit der Nutzung und Verjüngung des Bergmischwaldes zusammenhängen, ist im Rahmen des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München und in enger Zusammenarbeit mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung ein Forschungsprojekt begonnen worden. Die dazu nötige Versuchsanlage wurde im Lehrforstamt Ruhpolding geschaffen. Deren Anordnung erlaubt es, im Rahmen dieser Arbeit - die einen zweijährigen Beobachtungszeitraum, nämlich vom 1. 9. 1976 bis 31. 8. 1978, umfaßt - die folgenden Fragestellungen zu beantworten:

- Wie stark ist die Fruktifikation der Bäume auf den Versuchsflächen und -parzellen, in welchem Umfang sind die einzelnen Baumarten und Baumschichten daran beteiligt?
- Wann und in welcher Abfolge findet der Samenfall statt?
- Wieviele Samen der einzelnen Baumarten gelangen auf den Boden und in welcher Verteilung finden sie sich dort?
- Wie ist die Qualität der Samen?
- Welche Mengen an Biomasse stellen die Samen und Früchte der Bäume dar?

2. Die Versuchsanlage

2.1 Das Grundmuster

Auf verschiedene Teile des Forstamtes Ruhpolding wurden 8 Versuchsflächen verteilt. Diese Versuchsflächen repräsentieren unterschiedliche Standorte im Hinblick auf Boden, Höhenlage, Exposition und Pflanzengesellschaft (s. Abb. 1).

Abb. 1: Die geografische Lage der Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding.

Die aufstockenden Bestände erwiesen sich als ungemein vielgestaltig und heterogen. Es war schon auf kleinen Flächen nahezu unmöglich, aus der Vielfalt, in der sich der Bergmischwald darstellt, einheitliche Bestandesteile für Versuchszwecke auszuscheiden, die wirkliche Vergleichbarkeit gewährleistet hätten. Ungleichmäßigkeit ist ein Charakteristikum dieser Waldform. Sie erschwert zwar das wissenschaftliche Arbeiten darin ganz ungemein, jedoch können praktisch bedeutsame Ergebnisse nur dann erwartet werden, wenn diese Eigenart des Bergmischwaldes mit in die Versuchsanlage eingegangen ist.

Das Konzept der Versuchsanlage ist ein einfaches. Es läßt sich in konzentrierter Form folgendermaßen darstellen:

Acht Versuchsflächen unterschiedlicher Größe bilden den Kern des Experiments. Eine davon ist umfangreich, sie besteht aus 10 Parzellen und wird Hauptversuchsfläche genannt. Ihr Aufbau ist aus der Abb. 2 zu ersehen. Vier weitere sind aus je 2 Parzellen zusammengesetzt und die drei übrigen, Sonderfälle darstellend, bestehen jeweils nur aus einer Parzelle.

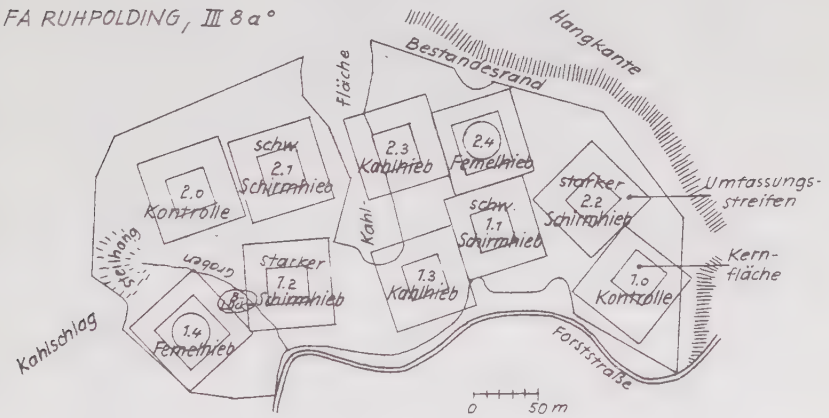


Abb. 2: Die Anordnung der Parzellen auf der Hauptversuchsfläche.

Die Beobachtungseinheit ist immer die Parzelle. Das Grundmuster der Versuchsparzelle geht aus der Abb. 3 hervor. Sie besteht aus einer Kernfläche von 33 x 33 m und damit 1.089 m^3 Größe. Diese ist von einem Umfassungsstreifen umgeben, durch den jede Parzelle eine Behandlungseinheit von etwa 0,5 ha darstellt. Auf der Kernfläche wurden unterschiedliche Installationen zur Beobachtung der Verjüngungsabläufe geschaffen. Im Zusammenhang mit den hier vorgelegten

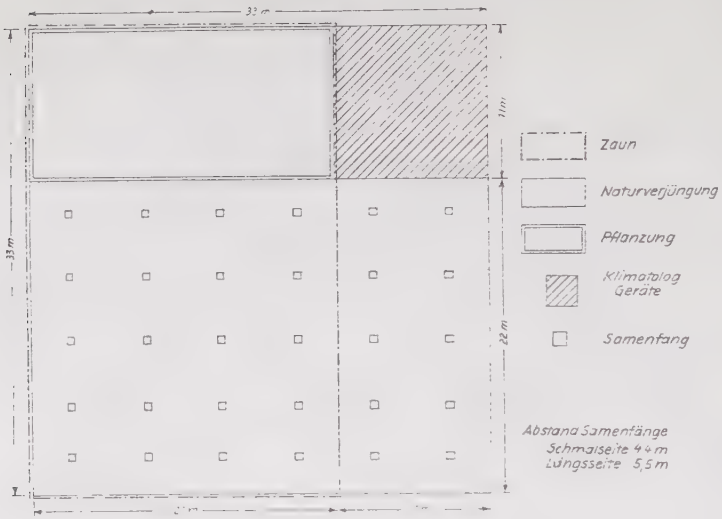


Abb. 3: Das Grundmuster der Versuchsparzelle mit der Anordnung der 30 Samenfänge.

Untersuchungen über die Fruktifikation sind davon jedoch nur die 30 Samenfänge von je 0,25 m^2 Größe bedeutsam, die in systematischer Verteilung auf einem 726 m^2 großen Abschnitt der Kernfläche ausgelegt wurden.

Die Abb. 4 zeigt Modifikationen der Verteilung der Samenfänge auf den Parzellen, die aus versuchstechnischen Gründen vom Grundmuster

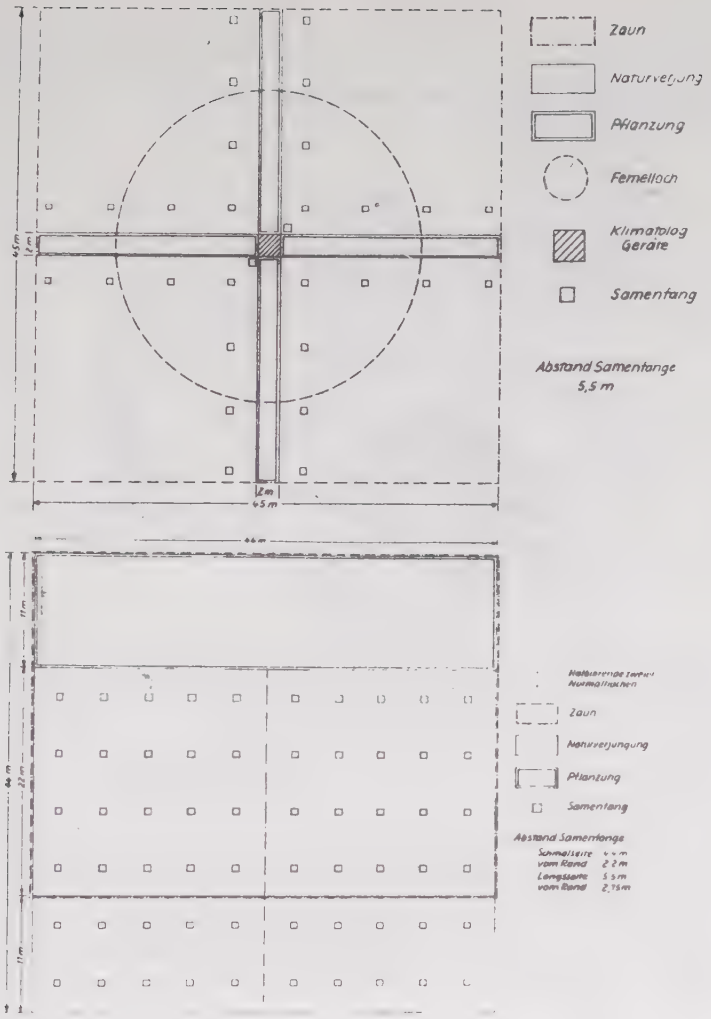


Abb. 4: Die Verteilung der Samenfänge auf den Femelparzellen (oben) und auf der Weidewaldfläche (unten).

abweichen. Format und Aussehen sowie Aufstellung des Samenfanges können schließlich aus Abb. 5 entnommen werden.

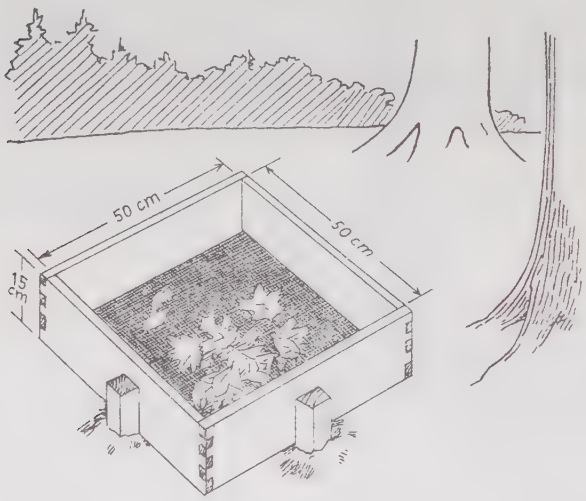


Abb. 5: Samenfang am Boden einer Versuchsparzelle.

2.2 Waldbauliche Eingriffe

Auf den Versuchsparzellen sind waldbauliche Eingriffe vorgenommen worden, durch die unterschiedliche Ausgangssituationen für die Entwicklung der Verjüngung geschaffen werden sollten. Diese Eingriffe lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

Bezeichnung	Art des Eingriffs	Nummer der Versuchsparzelle +)
Kontrolle	kein Eingriff	1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0
schwacher Schirmhieb	Entnahme von etwa 30-35 % der Grundfläche	1.1; 2.1
starker Schirmhieb	Entnahme von etwa 50 % der Grundfläche	1.2; 2.2; 3.2; 4.2; 5.2; 6.2
Femelhieb	Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser	1.4; 2.4; 8.4; 9.4
Kahlhieb	Vollständige Räumung des Altbestandes	1.3; 2.3
Weidewald	Verlichteter und vergraster Bestand	7.2

+) Die erste Ziffer bezeichnet die Versuchsfläche, die zweite steht für die Parzelle.

2.3 Die Standorte

Die gesamte Versuchsanlage liegt im Wuchsbezirk "Chiemgauer Alpen" (KREUTZER und FOERST, 1977) im Bereich der submontanen und montanen Bergwälder, die vor allem aus Buchen, Tannen und Fichten zusammengesetzt sind.

Die standörtlichen Eigenarten der Versuchsflächen werden zunächst durch ein regen- und schneereiches Klima gekennzeichnet, wie es für den Alpennordrand typisch ist. Die langjährigen Durchschnitte der einigermaßen nahegelegenen Klimahauptstationen Reichenhall, Kotzing und Reit im Winkl mögen einen allgemeinen Eindruck von der klimatischen Situation des Versuchsgebietes geben (s. Tab. 1). Auf die Witterung, die während des Untersuchungszeitraumes herrschte, wird später eingegangen werden.

langjährige Mittelwerte	Klimastation Reichenhall 465 m ü. NN	Kotzing 580 m ü. NN	Reit im Winkl 708 m ü. NN
mittlere Jahreslufttemperatur, °C	7,8	7,5	6,4
mittlere Lufttemperatur in der Vegetationszeit (Mai-Sept.), °C	15,0	14,6	13,7
mittlere Jahresniederschlagsmenge, mm	1542	1514	1815
mittlere Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit (Mai-Sept.) mm	836	816	960
mittlere jährliche Schneedeckenhöhe, cm	20	15	54
Tage mit Schneedecke	75	90	143
mittlere Dauer der Schneebedeckung			
Beginn	18.11.	15.11.	6.11.
Ende	4.4.	8.4.	27.4.
Dauer, Tage	138	145	173

Tab. 1: Klimatologische Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1975; DEUTSCHER WETTERDIENST - ZENTRALAMT, 1962).

Die nicht klimatischen Standortseigenarten der Versuchsparzellen sind in Tab. 2 dargestellt. Sie zeigt vor allem die erhebliche Breite der standörtlichen Ausgangslage im Hinblick auf Bodentyp, Gründigkeit und Frische auf.

2.4 Die waldbauliche Ausgangslage

Es ist nicht möglich, die ganze Breite der waldbaulich-ertragskundlichen Daten hier vorzustellen, die für die Versuchsanlage erarbeitet worden sind. Dazu wird auf ZWIRGLMAIER, 1977, verwiesen. Die wesentlichen Kenngrößen mögen daher aus der Tabelle 3 entnommen werden.

Parzelle Nr.	Art des Eingriffs	Höhe ü.NN m	Exp.	Hang-neig.	Boden Typ, Art, Gründigkeit, Frische	Pflanzen-gesellschaft
1.0	kein Eingriff	890	NNW	20°	Braunerde (Braunerde-Terra fusca) aus Hauptdolomit-Hangschutt; flach- bis tiefgründiger steiniger Lehm; mäßig frisch bis frisch, je nach Gründigkeit.	Abieti-Fagetum
1.1	schwacher Schirmhieb	900	NW	24°	Terra fusca aus Hauptdolomit; flach, bis mittelgründiger toniger Lehm, mäßig trocken bis mäßig frisch.	
1.2	starker Schirmhieb	910	NW	22°	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flach- bis tiefgründige tonige Lehme, mehr oder weniger skelettreich; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
1.3	Kahlhieb	900	WSW	24°	Braunerde, z.T. Pseudogley-Parabraunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flachgründige Lehme, mäßig trocken bis mäßig frisch.	
1.4	Femelhieb	930	WSW	26°	Braunerde aus Hauptdolomit; flach- bis mittelgründige skelettreiche Lehme; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
2.0	kein Eingriff	960	WNW	31°	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flach- bis mittelgründiger toniger Lehm; mäßig frisch.	
2.1	schwacher Schirmhieb	960	WNW	28°	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flachgründiger skelettreicher Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
2.2	starker Schirmhieb	910	NNW	20°	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; mittelgründiger toniger Lehm; mäßig frisch.	
2.3	Kahlhieb	950	WNW	29°	Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flachgründiger skelettreicher Lehm; mäßig frisch.	
2.4	Femelhieb	940	NW	32°	Terra fusca aus Hauptdolomit, z.T. Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt; flach- bis mittelgründiger skelettreicher Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
3.0	kein Eingriff	780	NW	12°	Lehmrendzina über anstehendem klüftigem Plattenkalk oder Terra fusca aus Hauptdolomit bzw. Plattenkalk; mittelgründiger mergeliger Humuskarbonatboden oder toniger Lehm; mäßig frisch.	Abieti-Fagetum
3.2	starker Schirmhieb	790	NW	19°		
4.0	kein Eingriff	1230	NW	25°	Braunerde über Hauptdolomit; flach- bis mittelgründiger skelettreicher Lehm; mäßig trocken bis mäßig frisch	Adenostylo glabrae Abietetum
4.2	starker Schirmhieb	1230	NW	28°	Lehmrendzina über Hauptdolomit; flachgründiger Humuskarbonatboden, z.T. mit Tangelhumus; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
5.0	kein Eingriff	900	N	31°	Braunerde oder Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt; mittelgründiger toniger Lehm; mäßig frisch.	Abieti-Fagetum
5.2	starker Schirmhieb	890	N	31°		
6.0	kein Eingriff	900	S	22°	Lehmrendzina über Hauptdolomit-Hangschutt; flachgründiger lehmiger Humuskarbonatboden; mäßig trocken bis mäßig frisch.	
6.2	starker Schirmhieb	910	S	27°		
7.2	Weidewald	900	NNW	12°	wie 6.0 und 6.2	
8.4	Femelhieb	1250	W	21°	Pelosolgley aus Cenoman; mittelgründiger toniger Lehm; hangfrisch bis grundfeucht.	oxali-Abietetum
9.4	Femelhieb	1200	S	23°	Terra fusca - Braunerde aus Plattenkalk; mittelgründiger skelettreicher toniger Lehm; mäßig frisch.	Abieti-Fagetum

Tab. 2: Wichtige standörtliche Charakteristika der Versuchsflächen.

Parz. Nr.	Standort Höhe ü.NN m	Exp.	Grunddaten Alter Jahre	h_o m	N St	G m^2	V Vfm	Beschg. %	Baumartenanteile Stammzahl % Fi	Ta	La	Bu	BAh	WLH	Grundfläche % Fi	Ta	La	Bu	BAh	WLH
1.0	910	NNW	106 / 71-127	27,5	954	42	446	68	21	32	1	33	10	3	33	32	5	19	8	3
1.1 v	910	WNW	106 / 71-127	30,3	1221	47	516	76	26	20	-	49	4	1	37	27	-	30	6	-
1.1 n				30,6	551	31	352	56	37	35	-	20	5	3	44	34	-	14	5	3
1.2 v	910	NW	109 / 63-134	31,7	854	47	536	75	10	42	-	41	7	-	19	46	-	27	8	-
1.2 n				30,6	450	24	278	49	14	49	-	29	8	-	32	35	-	23	10	-
1.3 v	910	WNW	110 / 74-134	29,1	1103	43	476	69	31	12	1	53	3	-	47	12	2	35	4	-
1.3 n			Kahlhieb																	
1.4 v	910	WNW	114 / 74-161	27,6	930	41	439	75	22	15	-	60	2	1	34	17	-	45	3	1
1.4 n			Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser																	
2.0	950	WNW	96 / 72-113	21,8	1148	35	278	76	34	17	-	48	-	1	43	16	-	40	-	1
2.1 v	950	WNW	96 / 72-113	24,3	1221	38	340	74	36	17	1	44	1	1	41	25	-	28	2	4
2.1 n				23,9	587	26	243	60	44	27	2	25	1	1	48	30	1	15	2	4
2.2 v	950	NNW	113 / 91-140	28,4	854	37	395	76	4	28	1	56	10	1	7	56	2	28	6	1
2.2 n				27,7	239	19	219	39	11	50	-	27	12	-	13	67	-	15	5	-
2.3 v	950	WNW	103 / 65-129	25,8	1523	43	397	77	23	14	-	61	1	1	38	16	-	42	2	2
2.3 n			Kahlhieb																	
2.4 v	950	NW	107 / 89-132	23,4	1571	45	393	83	26	17	-	57	-	-	44	20	1	35	-	-
2.4 n			Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser																	
3.0	800	WNW	104 / 68-139	27,9	992	51	550	80	56	19	-	25	-	-	81	11	-	8	-	-
3.2 v	800	NNW	104 / 68-139	27,6	918	39	419	78	30	15	-	54	1	-	55	19	-	24	2	-
3.2 n				27,1	284	20	212	42	39	39	-	19	3	-	55	30	-	11	4	-
4.0	1200	NNW	120(Fi) 268(Lä)	30,0	648	40	420	80	13	8	17	60	2	-	24	15	27	33	1	-
4.2 v	1200	NW	120(Fi) 268(Lä)	25,5	962	38	337	79	22	7	14	53	4	-	36	11	19	32	2	-
4.2 n				24,8	266	17	151	43	31	21	7	34	7	-	54	10	6	19	2	-
5.0	950	N	102 / 83-125	25,9	854	48	498	80	66	7	-	27	-	-	80	7	-	13	-	-
5.2 v	950	N	102 / 83-125	27,9	881	47	509	76	38	7	1	51	3	-	51	7	5	31	6	-
5.2 n				27,6	257	23	262	45	54	18	3	18	7	-	58	11	10	13	8	-
6.0	950	S	165 / 128-235	26,5	890	44	427	86	20	23	-	45	11	1	22	31	-	35	11	1
6.2 v	950	S	165 / 128-235	24,2	1294	41	339	84	16	9	-	63	10	2	33	20	-	35	10	2
6.2 n				23,4	349	20	181	51	31	32	-	26	11	-	43	43	-	7	7	-
7.2 v	950	NNW	134 / 125-140	28,2	311	27	297	54	56	40	1	3			58	37	3	2	-	-
7.2 n				28,2	291	25	275	51	54	41	3	2	-		58	37	3	2	-	-
8.4 v	1200	W	125 / 113-135	35,6	391	58	814	60	89	4	-	6	1	-	96	3	-	1	-	-
8.4 n			Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser																	
9.4 v	200	S	120 / 116-125	29,9	155	47	573	54	97	1	-	2		-	94	3	-	3	-	-
9.4 n			Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser																	

Tab. 3: Die wichtigsten ertragskundlichen Daten der Versuchsparzellen (Versuchsflächen sind durch Doppellinien voneinander getrennt

v = Zustand vor dem waldbaulichen Eingriff
n = Zustand nach dem waldbaulichen Eingriff
Beschg. = Beschirmungsgrad, über 196 Meßpunkte je Parzelle mit dem Dachlot erhoben.

Die Daten lassen zweierlei vor allem erkennen. Zum einen fällt die außerordentliche Heterogenität der Untersuchungsbestände auf, es wurde bereits darauf hingewiesen. Sie äußert sich vor allem in stark schwankenden Baumzahlen von Parzelle zu Parzelle und in gleichermaßen differierenden Baumartenanteilen. Hinsichtlich der Bestandesdichte, ausgedrückt als Grundfläche, sind die Unterschiede bedeutend geringer. Die Tatsache, daß die Buche immer mit deutlich höheren Baumzahl- als Grundflächenprozenten vertreten ist, weist auf die wichtige Rolle hin, die diese Baumart als unter- und zwischenständiges Element spielt. Wichtig ist es auch, in Erinnerung zu behalten, daß die beiden Versuchsparzellen 8.4 und 9.4 dadurch aus dem Rahmen fallen, daß sie beide mit wüchsigen und massenreichen Fichtenbeständen bestockt sind, die kaum noch Elemente des Bergmischwaldes enthalten.

Es kann nach diesen Befunden leicht vorausgesagt werden, daß die Interpretation der Untersuchungsergebnisse durch die Vielfalt der Ausgangslagen erschwert werden wird. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß Standortselemente, wie Höhenlage, Exposition und Boden, dadurch möglicherweise bis zur Unkenntlichkeit überlagert werden.

Wird dann zum zweiten der Effekt der Eingriffe in die Bestände betrachtet, so bieten die Kahl- und Femelhiebe die einfachste Situation. Im ersten Fall wurde eben eine kleine Kahlfläche geschaffen und im zweiten ein - ebenfalls kleiner - Löcherhieb geführt, der im übrigen den verbleibenden Bestand um das Loch herum nicht veränderte.

Die Schirmhiebe reduzierten die Bestockungsdichte in bemerkenswert guter Übereinstimmung mit den vorgegebenen Zielen von 30 % im Falle des schwächeren und von 50 % im Falle des stärkeren Eingriffs. Bevorzugt wurden, auch das ist gut erkennbar, die unter- und zwischenständigen Buchen mit ihrem stark beschattetnden Laub entnommen. Die Reduktion des Nadelholzes hatte zum Ziel, der jeweils am wenigsten vertretenen Baumart mehr Gewicht zu geben.

Einen guten Einblick in die Veränderungen, die die Eingriffe bewirkt haben, geben die Beschirmungsprozente. Deren lichtökologische Konsequenzen sind zwar für die hier vorgelegte Untersuchung über die Fruktifikation der Versuchsbestände nicht sehr wesentlich, doch werden sie für die anschließenden Erhebungen über Keimung und Fußfassen der Pflanzen wichtige Erklärungen liefern.

2.5 Die Witterung im Versuchszeitraum

Die Witterung, die während des Versuchszeitraums herrschte, ist für Südbayern monatsweise vom Wetteramt München charakterisiert worden (Tab. 4). Zusammen mit den wichtigsten monatlichen Witterungsdaten der Hauptstationen Bad Reichenhall, Kotzing und Reit im Winkl (Tab. 5) ist das Wetter im Untersuchungszeitraum für die hier mitzuteilenden Befunde ausreichend charakterisiert. Es wird darauf immer dann näher eingegangen werden, wenn ein Zusammenhang zwischen Wetter und eigenen Befunden besteht oder wahrscheinlich ist.

3. Der Zapfenbehang

3.1 Methode

Im Untersuchungszeitraum fruktifizierten die Bestände zweimal: schwach im Jahr 1976 und deutlich stärker 1977. Als erster Schritt zur Erfassung der Fruktifikation wurde der Zapfenbehang an Fichte und Tanne auf jeder Kernfläche durch Zählungen im September ermittelt. Die Größe der Zapfen von Nadelbäumen sowie deren Position in der Krone erlauben eine Zählung mit Hilfe des Fernglases. Eine solche Zählung ist ausreichend genau für den damit verfolgten Zweck, wenn auch Zählfehler selbst bei Bäumen mit so großen Zapfen, wie sie Fichten und Tannen haben, unvermeidlich sind.

Mit den ertragskundlichen Aufnahmen der Versuchsbestände war jeder Baum auf den Kernflächen der Parzellen numeriert worden. Daher konnte der Zählbefund mit den waldbaulichen Eigenarten jedes Baumes, insbesondere mit seiner sozialen Stellung, in Beziehung gebracht werden. Ergebnisse dieser Zapfenzählungen sind beispielhaft für zwei Parzellen im Anhang, Tab. 1, mitgeteilt worden.

Eine Einschätzung der Buchen- und Ahornmast an stehenden Bäumen wurde wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten nicht versucht.

Die Einordnung der Zapfenzählergebnisse geschah im Anhalt an drei Verfahren, die vor allem zur Prognose von Waldsamenernten entwickelt worden sind. Bei einem handelt es sich um Richtlinien des ehemaligen Reichsforstamtes von 1941 (zit. n. ROHMEDER, 1972). Sie stellen sich folgendermaßen dar:

Monat	1976	1977	1978
Januar	zu warm, arm an Sonnenschein, überdurchschnittliche Niederschlagsmenge	zu mild, arm an Sonnenschein, etwas unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, arm an Sonnenschein und zum Teil erheblich zu trocken
Februar	etwas zu warm, zu wenig Sonnenschein, Niederschlagsmengen erheblich unter dem langjährigen Durchschnitt	sehr mild, arm an Sonnenschein, sher niederschlagsreich	zu kalt, arm an Sonnenschein bei insgesamt leicht überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen
März	zu kühl, reich an Sonnenschein, erheblich zu arm an Niederschlag	erheblich zu mild, arm an Sonnenschein, unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	in Südbayern zu warm, zu naß und arm an Sonnenschein
April	geringfügig zu kühl, reich an Sonnenschein, meist unterdurchschnittliche Niederschlagswerte	zu kühl, arm an Sonnenschein, sehr niederschlagsreich	etwas zu kühl und größtenteils erheblich zu trocken bei etwa durchschnittlicher Sonnenscheindauer
Mai	insgesamt wärmer und sonniger als normal, zu naß	normale Mitteltemperaturen, arm an Sonnenschein, überwiegend sehr trocken	zu kühl, sehr arm an Sonnenschein und größtenteils sehr niederschlagsreich
Juni	zu warm, sehr reich an Sonnenschein, viel zu trocken	normale Sonnenscheindauer, geringfügig zu warm, größtenteils zu feucht	zu kühl bei insgesamt etwa durchschnittlichen Niederschlagsmengen und leicht übernormaler Sonnenscheindauer
Juli	zu warm, reich an Sonnenschein, etwas zu trocken	geringfügig zu kühl, reich an Sonnenschein, größtenteils unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu kühl, arm an Sonnenschein bei inges. etwa durchschnittlichen Niederschlagsmengen
August	zu kühl, Niederschlagsmengen und Sonnenscheindauer meist unter den langjährigen Durchschnittswerten	etwas zu kühl, arm an Sonnenschein, sehr niederschlagsreich	in Südbayern zu kalt bei nur geringfügig unternormaler Sonnenscheindauer und reichlichen Niederschlägen
September	zu kühl, arm an Sonnenschein, etwas überdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu kühl, arm an Sonnenschein, größtenteils zu trocken	zu kühl, arm an Sonnenschein und größtenteils zu feucht
Oktober	zu warm, reich an Sonnenschein, erheblich zu trocken	zu mild, arm an Sonnenschein und erheblich zu trocken	sehr sonnenscheinarm bei insges. etwa normalen Temperaturen und Niederschlagsmengen
November	zu warm, arm an Sonnenschein, meist überdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, reich an Sonnenschein, niederschlagsreich	zu kühl, erheblich zu trocken und größtenteils reich an Sonnenschein
Dezember	zu kalt, reich an Sonnenschein, überwiegend unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen	zu mild, arm an Sonnenschein bei größtenteils überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen	zu mild bei größtenteils etwas unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen und inges. normaler Sonnenscheindauer

Tab. 4: Witterung in Südbayern von Januar 1976 bis Dezember 1978. (DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1976; 1977; 1978)

Monat		1976				1977				1978			
		T_a	AT	N	AN	T_a	AT	N	AN	T_a	AT	N	AN
Januar	B	1,1	+3,9	241	219	-1,0	+1,8	113	103	-0,6	+1,2	68	62
	K	0,6	+3,2	98	94	-0,6	+2,0	91	88	-0,7	+1,9	32	31
	R	-1,5	+2,7	220	165	-2,4	+1,6	125	94	-3,3	+0,9	67	50
Februar	B	0,2	+1,1	13	13	3,4	+4,3	192	175	-1,6	-0,7	62	60
	K	-0,2	+1,2	14	13	2,8	+4,2	136	127	-2,0	-0,6	77	73
	R	-1,4	+0,8	17	12	0,3	+2,5	164	120	-3,3	-1,1	70	51
März	B	1,9	-1,5	43	46	7,0	+3,6	66	72	4,7	+1,3	143	152
	K	1,6	-1,4	34	36	6,6	+3,6	78	83	3,9	+0,9	88	94
	R	0,2	-1,4	46	39	4,1	+2,5	99	84	2,0	+0,4	189	160
April	B	7,5	-0,6	97	91	6,4	-1,7	226	211	7,0	-1,1	37	44
	K	6,8	-0,4	58	56	5,2	-2,0	157	152	6,6	-0,6	53	52
	R	5,3	-0,9	76	58	3,8	-2,4	245	187	5,3	-0,9	59	45
Mai	B	12,9	+0,5	230	156	12,2	-0,2	106	72	10,8	-1,6	168	114
	K	12,4	+0,6	213	148	11,7	-0,1	61	42	10,2	-1,6	148	103
	R	10,9	0,0	189	114	10,7	-0,2	88	53	9,3	-1,6	166	101
Juni	B	16,6	+1,1	154	85	16,0	+0,5	189	104	14,9	-0,6	183	101
	K	16,8	+1,8	87	50	15,3	+0,3	211	121	14,3	-0,7	182	104
	R	15,1	+0,9	138	65	14,5	+0,3	203	96	13,1	-1,1	181	86
Juli	B	18,4	+1,3	166	80	17,1	0,0	265	127	15,7	-1,4	167	80
	K	18,3	+1,6	177	86	16,8	0,1	147	71	15,4	-1,3	143	69
	R	16,5	+0,7	198	83	15,5	-0,3	276	115	14,4	-1,4	183	76
August	B	14,5	-2,0	231	136	16,0	-0,5	169	99	15,3	-1,2	134	79
	K	14,1	-2,0	116	75	15,5	-0,6	236	152	15,0	-1,1	149	96
	R	12,8	-2,4	172	87	14,3	-0,9	238	120	13,7	-1,5	145	73
September	B	12,0	-1,5	137	103	12,0	-1,5	108	81	12,9	-0,6	249	187
	K	11,7	-1,5	157	115	11,6	-1,6	62	46	12,5	-0,6	178	131
	R	10,4	-2,1	174	118	10,6	-1,9	80	54	11,1	-1,4	218	148
Oktober	B	9,5	+1,2	65	61	10,2	+2,0	41	38	8,4	-0,4	179	167
	K	9,4	+1,4	49	45	10,0	+2,0	39	36	8,1	+0,3	109	100
	R	8,5	+1,3	51	43	9,2	+2,0	34	29	6,7	-0,5	153	130
November	B	4,2	+0,8	124	133	4,7	+1,3	142	153	2,5	-0,9	34	37
	K	3,5	+0,5	124	132	4,2	+1,2	113	120	2,5	-0,7	36	38
	R	2,1	0,0	145	135	1,6	-0,5	140	148	0,5	-1,5	40	37
Dezember	B	-3,2	-2,6	119	128	-0,2	+0,4	148	159	+0,1	+0,7	60	65
	K	-3,1	-2,5	65	71	-0,2	+0,3	100	110	+0,2	+0,7	44	49
	R	-5,7	-3,6	112	99	-2,0	+0,1	115	102	-2,1	0,0	48	43
Jahres-	B	7,0	+0,1	1920		8,1	-0,1	1991		7,1	-0,9	1?	1?
mittel	K	7,7	+0,2	1793	79	8,2	-0,7	1663	73	7,1	-1,2	1?	1?
	R	6,3	-0,3	1936	85	6,7	+0,3	1927	101	5,7	-1,1	1?	1?

Tab. 5: Witterungsablauf im Untersuchungsgebiet von Januar 1976 bis Dezember 1978.
Daten der Klimahauptstationen Bad Reichenhall (B), Kotzing (K) und Reit im Winkl (R) des Deutschen Wetterdiestes.
(DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1976; 1977; 1978)

Ta = Mittelwert der Lufttemperatur in °C
N = Niederschlagsmenge in mm
AT = Temperaturabweichung vom langjährigen Mittel in °C
AN = Niederschlag in Prozent des langjährigen Mittels

% einer Vollernte		
100	Vollernte	Alle Baumklassen, auch der Nebenbestand, tragen Zapfen.
70 - 90	gute Ernte	
40 - 60	mittlere Ernte	Nur die herrschende Baumklasse fruchtet.
10 - 30	geringe Ernte	Nur die vorherrschende Baumklasse fruchtet.
0	Fehlernte	Keine Fruktifikation

Ein weiteres Klassifikationssystem stammt von MESSER, 1948, der es als "Hilfstabelle zur Einschätzung der Ernteaussichten" zusammengestellt hat. Dabei wird von einer Höchstzahl von Zapfen pro Baum ausgegangen und die Ernteaussicht von dieser Basis aus in 10-%-Stufen angegeben. Für die Fichte beispielsweise sind 600 Zapfen pro Baum der Maximalwert mit Erntebewertungsziffer 100; 60 Zapfen ergäben dann 10 %. Da für Tanne keine Angaben dieser Art zur Verfügung standen, ist für die eigenen Daten ein Maximalwert von 300 angenommen worden, der im Anhalt an eine besonders stark fruktifizierende Tanne hergeleitet wurde.

Die dritte für unsere Zwecke herangezogene Klassifizierung des Zapfenbehangs wurde in Nordamerika von ZASADA u. VIERECK, 1970, erarbeitet, und zwar für Picea glauca. Trotz der Entwicklung in einem ganz anderen Landstrich und für eine andere Baumart wurde sie wegen ihrer Plausibilität auch für die Begutachtung der eigenen Werte herangezogen. Sie ist folgendermaßen aufgebaut:

Fruktifikationsklasse		Charakterisierung
1.	sehr gering	kein Baum trägt Zapfen
2.		einzelne Bäume tragen wenige Zapfen
3.	gering	25 % der Bäume tragen wenige Zapfen
4.		25 % der Bäume tragen wenige Zapfen - einzelne Bäume tragen viele Zapfen
5.	ausreichend	75 % der Bäume tragen wenige Zapfen
6.		75 % der Bäume tragen wenige Zapfen - ziemlich viele Bäume tragen viele Zapfen
7.	gut	alle Bäume tragen ziemlich viele Zapfen
8.		ziemlich viele Bäume tragen viele Zapfen - alle Bäume tragen ziemlich viele Zapfen
9.	sehr gut	75 % der Bäume tragen viele Zapfen - alle Bäume tragen ziemlich viele Zapfen
10.		alle Bäume tragen viele Zapfen

Für die Einordnung der eigenen Befunde in dieses System wurden mehr als 350 Zapfen pro Fichte und 150 für die Tanne als "viel" erachtet.

3.2 Ergebnisse

3.21 Das Ausmaß der Fruktifikation

Die Resultate der Zapfenzählungen an den Fichten und Tannen sind in Tab. 8 und 9 zusammengestellt. Es ist daraus ersichtlich, daß die Fichte 1976 und 1977 Zapfen produziert hat, während die Tanne nur im ersten Versuchsjahr fruktifizierte.

Im ersten Jahr bildeten überraschenderweise ausschließlich die beiden hoch gelegenen Femelparzellen erhebliche Mengen von Zapfen, um die 30 % einer Vollernte (Klassifizierung MESSER), während auf allen anderen Parzellen nur geringer Behang festzustellen war (Tab. 6). Vom praktischen Gesichtspunkt aus wären die auf diesen beiden Parzellen gebildeten Zapfenmengen bereits so groß gewesen, daß sich Erntemaßnahmen dort gelohnt hätten (WINTERFELD, 1965).

Versuchsfläche Nr	FICHTE								TANNE							
	1976				1977				1976				1977			
	Zapfen je herrschender Baum		Fruktifikationseinschätzung nach		Zapfen je herrschender Baum		Fruktifikationseinschätzung nach		Zapfen je herrschender Baum		Fruktifikationseinschätzung nach		Zapfen je herrschender Baum		Fruktifikationseinschätzung nach	
	Stck	in % der Vollernte (1)	(2)	(3)	Stck	in % der Vollernte (1)	(2)	(3)	Stck	in % der Vollernte (1)	(2)	(3)	Stck	in % der Vollernte (1)	(2)	(3)
1	73	9	geringe Ernte	3	139	23	geringe Ernte	4	23	8	geringe Ernte	3	2	0	Fruktifikation	2
2	52	9		3	98	16		4	28	9		3	2	0		-
3	49	8		2	103	17		4	25	8		3	0	0		-
4	89	15		4	100	17		4	20	7		-	0	0		-
5	38	5		2	129	22		4	20	7		2	0	0		-
6	41	7		3	113	19		4	28	9		3	3	0		-
7	198	33	germanige Ernte	6	50	8	germanige Ernte	3	-	-	-	-	-	-	-	-
8	157	26		5	47	8		3	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 6: Der durchschnittliche Zapfenbehang je Baum an Fichte und Tanne auf den Versuchsflächen, sowie die Klassifizierung der Fruktifikation nach den Systemen MESSER, 1948 (1), Reichsforstamt, 1941 (2) und ZASADA u. VIERECK, 1970 (3). (Die Versuchsfläche Nr. 7 (Weidewald) wurde in diesem Zusammenhang nicht bearbeitet.)

Im Folgejahr stellte sich die Situation genau umgekehrt dar: auf allen Parzellen hatten die Fichten einen Zapfenbehang, der um die 20 % einer Vollernte lag, während auf den Femelflächen 8 und 9 nur wenige Zapfen gebildet wurden. Nach der Ernteeinschätzung des ehemaligen Reichsforstamts kam der Zapfenbehang trotz der evidenten Unterschiede in keinem Jahr über die Note "geringe Ernte" (Fruktifikation) hinaus.

Das Klassifizierungsschema von ZASADA und VIERECK erwies sich dagegen als bedeutend feiner als der Ernteschätzungsrahmen des Reichsforstamts. Da es keine exakte Zählung der Zapfen an den Bäumen erfordert, sondern - wie das Schema des Reichsforstamts - auf einer einfachen Ansprache des Behangs beruht, ist es für die Einschätzung auch geringerer Fruktifikationen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Aussichten für eine Naturverjüngung besser geeignet als jenes.

Ein deutlicher Fruchtansatz der Tanne war nur im Jahr 1976 zu beobachten. Er hatte eine Größenordnung zwischen 7 und 10 % einer Vollernte (im Anhalt an MESSER), war also sehr gering, was sich auch an den anderen beiden Klassifizierungen gut nachweisen läßt. Die amerikanische läßt darüber hinaus aber auch erkennen, daß sich selbst 1977, einem Jahr praktisch ohne Fruktifikation, auf wenigen Bäumen wenigstens einige Zapfen gebildet hatten. Erneut wird damit die für Naturverjüngungsabläufe - nicht für Ernteprognosen - wichtige Differenziertheit der nordamerikanischen Klassifizierung deutlich.

Zum Abschluß dieses Abschnitts sei noch einmal darauf hingewiesen, daß im Jahr 1977 auch Buche und Ahorn fruktifizierten, stellenweise sogar ganz erheblich. Ein Versuch, das Ausmaß der Fruktifikation bereits vor dem Abfallen der Früchte anzusprechen, wurde aber wegen der damit verbundenen außerordentlichen Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten nicht unternommen.

3.22 Witterung und Fruktifikation

Seit den Erhebungen über die Samenproduktion der Waldbäume im Großherzogtum Baden durch SEEGER, 1913, ist der Zusammenhang zwischen der Witterung im Sommer und dem Fruchtansatz bzw. der Fruktifikation im folgenden Jahr zu einer allgemeinen Erfahrung geworden, zumindest für die seltener fruktifizierenden Arten, wie Fichte, Buche und Eiche. Man findet in der Literatur häufige Hinweise darauf; in allen waldbaulichen Lehrbüchern wird diese Erscheinung erwähnt. Im vorliegenden Fall soll darauf nur mit wenigen Daten eingegangen werden.

Monat		1975				1976				1977			
		T_a	AT	N	AN	T_a	AT	N	AN	T_a	AT	N	AN
Mai	B	13,4	+1,0	109	74	12,9	+0,5	230	156	12,2	-0,2	106	72
	K	12,8	+1,0	109	76	12,4	+0,6	213	148	11,7	-0,1	61	42
	R	11,5	+0,6	100	61	10,9	0,0	189	114	10,7	-0,2	88	53
Juni	B	14,0	-1,5	241	133	16,6	+1,1	154	85	16,0	+0,5	189	104
	K	13,6	-1,4	212	121	16,8	+1,8	87	50	15,3	+0,3	211	121
	R	12,5	-1,7	252	119	15,1	+0,9	138	65	14,5	+0,3	203	96
Juli	B	17,0	-0,1	274	132	18,4	+1,3	166	80	17,1	0,0	265	127
	K	16,7	0,0	229	144	18,3	+1,6	177	86	16,8	0,1	147	71
	R	15,6	-0,2	291	121	16,5	+0,7	198	83	15,5	-0,3	276	115
August	B	17,1	+0,6	171	101	14,5	-2,0	231	136	16,0	-0,5	169	99
	K	16,6	+0,5	332	214	14,1	-2,0	116	75	15,5	-0,6	236	152
	R	15,5	+0,3	241	122	12,8	-2,4	172	87	14,3	-0,9	238	120
September	B	16,4	+2,9	61	46	12,0	-1,5	137	103	12,0	-1,5	108	81
	K	16,0	+2,9	60	44	11,7	-1,5	157	115	11,6	-1,6	62	46
	R	14,5	+2,0	60	41	10,4	-2,1	174	118	10,6	-1,9	80	54

Tab. 7: Die Witterung in den Sommermonaten, gemessen auf den amtlichen Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes Bad Reichenhall (B), Kotzing (K) und Reit im Winkl (R).
(DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN, 1975; 1976; 1977)

Ta = Mittelwert der Lufttemperatur, °C
N = Niederschlagsmenge, mm
AT = Temperaturabweichung vom langjährigen Mittel, °C
AN = Niederschlag in Prozent des langjährigen Mittels

In der Nähe des Untersuchungsgebiets liegen drei Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes. Die Wetterbeobachtungen dieser Stationen sind für die Sommermonate (Mai - September) 1975, 1976 und 1977 in der Tab. 7 zusammengestellt. Es ist daraus zu ersehen, daß der Sommer 1975 sehr feucht und zu kühl war. Die Monate Juni, Juli und August 1975 zeichneten sich durch überdurchschnittliche Niederschlagsmengen und auch zu geringe Durchschnittswerte für die Temperatur aus. Nach diesem kühlen Sommer hat sich nur eine geringe Fruktifikation an Fichte und Tanne ergeben, wogegen Buche und Ahorn keine Blütenanlagen bildeten. Dabei paßt allerdings gar nicht ins Bild, daß es gerade auf den hochgelegenen und daher besonders kühlen und nassen Femelparzellen zu einem deutlich höheren Fruchtansatz kam.

Der Sommer 1976 war dagegen trocken und warm. Wie die Daten erkennen lassen, waren die Monate (Mai), Juni und Juli durch deutlich höhere Temperaturen als normal gekennzeichnet. Juni und Juli wiesen dazu noch unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Nach diesem warmen Frühsommer kam es zum Ansatz von Blütenknospen an Fichten, Buchen und Ahornen, was bei allen drei Baumarten im nächsten Jahr zur Fruktifikation führte. Zwar erreichte sie keine spektakulären Größenordnungen, wie sich noch zeigen wird, doch kann nach den allgemeinen Erfahrungen wohl angenommen werden, daß die erwähnte Trokkenperiode im Frühsommer das auslösende Moment dafür war, daß es überhaupt zu einer Samenbildung kam.

Nicht vereinbar mit diesem Befund ist allerdings die Tatsache, daß die Tanne überhaupt keinen Fruktifikationsansatz erkennen ließ. Zwar hatte sie im Vorjahr in einigem Umfang Zapfen gebildet, jedoch erscheint es mehr als unwahrscheinlich, daß ihr Reservestoffhaushalt dadurch so erschöpft gewesen sein könnte, daß deshalb kein Blütenansatz möglich gewesen wäre. Eine eindeutige Erklärung dazu kann daher nicht gegeben werden.

Als Fazit läßt sich danach folgendes sagen:

- 1975/76: Fichte und Tanne: im allgemeinen geringe Fruktifikation nach einem relativ kühlen und zu feuchten Sommer, nur auf den am höchsten gelegenen Versuchsflächen kam es zu größerer Samenproduktion.

  Buche und Ahorn: keine Fruktifikation.

- 1976/77: Fichte, Buche und Ahorn: geringe Fruktifikation nach einem trockenen und warmen Sommer.

  Tanne: Nach einem trockenen und warmen Sommer weder Blüten- noch Zapfenbildung.

3.23 Zapfenmenge und Zapfendichte

Die Bewertung der Fruktifikation gibt zwar eine Vorstellung von der Stärke des Zapfenbehangs, jedoch vermittelt sie weder einen Eindruck von der Zahl der fruktifizierenden Bäume und deren Zugehörigkeit zu sozialen Baumklassen, noch von der Zapfenmenge, die je Flächeneinheit produziert worden ist. Diese Informationen können für die Fichte der Tab. 8 und für die Tanne der Tab. 9 entnommen werden.

Daraus ist zunächst einmal ersichtlich, daß sich die Zapfenproduktion im Beobachtungszeitraum nahezu ausschließlich - und dies gilt für Tanne wie Fichte - an den herrschenden Bäumen ereignete. Dieser Befund ist allerdings nicht überraschend, sondern er bestätigt lediglich alle forstlichen Erfahrungen, nach denen zwischenständige Individuen überhaupt nur in Jahren sehr starker Samenbildung an der Fruktifikation beteiligt sind, aber auch dann ist ihr quantitativer Anteil daran eher unbedeutend (ROHMEDER, 1972; ERNST, 1930; SIEGL, 1953; MESSER, 1958).

Die baumweise Erfassung der Zapfen erlaubte es aber auch, Rückschlüsse auf die Anzahl zu ziehen, die davon pro Parzelle produziert worden war. Und diese Werte wiederum machen eine vorsichtige Prognose der zu erwartenden Samendichten möglich.

Parzelle Nr.	Baumzahl Stck/ha			1976 Bäume mit Zapfen						1976 Zapfen 1000 Stck/ha			1977 Bäume mit Zapfen						1977 Zapfen 1000 Stck/ha		
	OS	MS	Summe	OS		MS		Summe		OS	MS	Summe	OS		MS		Summe		OS	MS	Summe
				Stck/ha	%	Stck/ha	%	Stck/ha	%				Stck/ha	%	Stck/ha	%	Stck/ha	%			
1.0	147	37	184	37	25	0	0	37	20	1,2	0	1,2	92	63	0	0	92	50	12,5	0	12,5
1.1	101	101	202	55	54	18	18	73	36	4,3	0,8	5,1	64	64	18	18	82	41	8,3	0,4	8,7
1.2	64	0	64	38	57	-	-	38	57	2,8	-	2,8	64	100	-	-	64	100	7,9	-	7,9
1.4	84	25	109	35	41	0	0	35	32	1,9	0	1,9	40	47	0	0	40	36	2,9	0	2,9
2.0	165	174	339	55	33	0	0	55	16	2,3	0	2,3	73	44	0	0	73	22	4,9	0	4,9
2.1	147	92	249	83	56	0	0	83	32	3,4	0	3,4	83	50	0	0	83	32	6,3	0	6,3
2.2	28	0	28	28	100	-	-	28	100	1,6	-	1,6	28	100	-	-	27	100	5,0	-	5,0
2.4	153	113	266	25	16	0	0	25	9	1,4	0	1,4	49	32	0	0	49	18	3,4	0	3,4
3.0	349	202	551	92	26	0	0	92	18	3,8	0	3,8	239	68	0	0	239	43	25,3	0	25,3
3.2	101	9	110	64	63	-	-	64	58	3,6	-	3,6	101	100	-	-	101	92	10,2	-	10,2
4.0	55	0	55	55	100	-	-	55	66	6,1	0	6,1	55	100	-	-	55	100	5,7	-	5,7
4.2	64	9	73	46	72	9	100	55	66	3,2	0,4	3,6	64	100	9	100	73	100	7,6	1,1	8,7
5.0	358	184	542	92	26	0	0	92	17	3,6	0	3,6	248	69	55	30	303	56	31,4	3,0	34,4
5.2	110	28	138	46	42	0	0	46	33	1,1	0	1,1	92	83	0	0	92	67	9,6	0	9,6
6.0	55	64	119	46	84	0	0	46	39	2,5	0	2,5	55	100	37	57	92	77	8,9	2,6	11,5
6.2	101	9	110	55	55	0	0	55	50	1,6	0	1,6	92	91	0	0	92	84	9,2	0	9,2
8.4	212	15	227	178	84	0	0	178	78	34,6	0	34,6	59	28	0	0	59	26	5,8	0	5,8
9.4	163	44	220	108	66	5	11	113	52	17,8	0,9	18,7	59	36	0	0	59	27	5,3	0	5,3

Tab. 8: Zahl der fruktifizierenden Fichten sowie Zapfendichten auf den Versuchsparzellen.

OS = Bäume der Oberschicht; MS = Bäume der Mittelschicht.
(Fruktifizierende Bäume der Unterschicht kamen nicht vor.)

Parzelle Nr.	Baumzahl Stck/ha			1976 Bäume mit Zapfen						Zapfen 1 000 Stck/ha			1977 Zapfen
	OS	MS	Summe	OS Stck./ha	%	MS Stck./ha	%	Summe Stck./ha	%	OS	MS	Summe	Stck/ha
1.0	91	92	183	73	72	0	0	73	38	3,5	0	3,5	46
.	73	55	128	37	5	9	10	46	36	1,0	0,1	1,1	19
1.2	37	37	74	37	100	0	0	37	50	2,3	0	2,3	275
1.4	20	20	50	15	50	0	0	15	30	0,4	0	0,4	0
2.0	37	46	83	28	74	0	0	28	34	0,4	0	0,4	0
2.1	64	64	128	46	72	0	0	46	36	0,7	0	0,7	469
2.2	73	37	110	46	55	0	0	46	38	1,7	0	1,7	115
2.4	40	74	114	20	50	0	0	20	17	0,3	0	0,3	1
3.0	9	92	110	9	100	9	10	27	25	0,4	0,1	0,5	0
3.2	28	64	92	28	100	9	14	37	40	1,1	0,1	1,2	73
4.0	28	14	42	28	100	14	100	42	100	0,5	0,1	0,6	1
4.2	18	18	36	18	100	9	50	27	75	0,4	0,1	0,5	11
5.0	18	18	64	16	100	0	0	28	44	0,6	0	0,6	0
5.2	9	27	36	9	100	0	0	9	25	0,2	0	0,2	28
6.0	83	55	138	55	66	0	0	55	40	1,3	0	1,3	395
6.2	46	18	74	46	100	0	0	46	63	1,4	0	1,4	73

Tab. 9: Zahl der fruktifizierenden Tannen und Zapfendichten auf den Versuchsparzellen.

OS = Bäume der Oberschicht; MS = Bäume der Mittelschicht (Fruktifizierende Bäume der Unterschicht kamen nicht vor.)

Betrachtet man zunächst die Ergebnisse für die Fichte (Tab. 8), so zeigt sich, daß im ersten Beobachtungsjahr auf dem weitaus größten Teil der Versuchsparzellen zwischen eintausend und sechstausend Zapfen pro Hektar entstanden waren. Lediglich die beiden Femelparzellen in 1200 m Höhe brachten es auf 35 bzw. 19 Tausend. Im zweiten Beobachtungsjahr lag die Zapfenmenge bedeutend höher, nämlich zwischen drei- und vierunddreißigtausend je Hektar. Damit müssen sich die fünftausend Zapfen messen, die auf den hochgelegenen Femelparzellen produziert worden waren. Immerhin liegt dieser letztgenannte Wert nach einem vorangegangenen einigermaßen ergiebigen Samenjahr immer noch deutlich über dem Durchschnitt aller anderen Parzellen aus dem Vorjahr.

Für die Tanne ist nur eine Betrachtung des Jahres 1976 ergiebig. Es zeigt sich dabei, daß die Zapfenzahlen deutlich geringer sind als die der Fichte. Sie liegen in einem Rahmen zwischen 200 und 2 300 pro Hektar, nur auf einer einzigen Parzelle (1.0) wurden 3 500 Zapfen ermittelt. Im folgenden Jahr war die Zapfenzahl an der Tanne noch wesentlich kleiner, da nur auf wenigen Parzellen überhaupt eine Fruktifikation stattfand (Tab. 9).

Keine Information vermitteln die Daten aus Tab. 8 und 9 über die Verteilung der Zapfen auf den Versuchsflächen. Eine Aussage dazu wäre nur über die in den Samenfängen erfaßten Zapfen möglich. Da deren Fall sich aber über lange Zeiträume erstreckt und zudem früh fallende Zapfen des zweiten Jahres dabei nicht von späten des ersten zu trennen sind, und da der Zapfenfall bei Versuchsende noch nicht abgeschlossen war, ist auch ein solches Vorgehen nicht sehr verläßlich.

Einen Eindruck von der Gleichmäßigkeit der Verteilung der Zapfen über der Fläche kann daher nur der Prozentsatz der fruktifizierenden Bäume vermitteln, der ebenfalls in Tab. 8 und 9 mitgeteilt ist, sowie der Anteil, den die Fichten bzw. die Tanne am Gesamtbestand haben, der aus Tab. 3 entnommen werden kann. Ein Schluß aus der vermuteten Homogenität oder auch Inhomogenität der Verteilung der Zapfen auf die Verteilung der Samen am Boden kann aber auch bei Berücksichtigung der Baumverteilung immer nur mit äußerster Vorsicht gezogen werden, da diese von deren leichter Beweglichkeit im Wind erheblich beeinflußt wird.

Immerhin bietet es sich an, von der Zapfenzahl auf die zu erwartenden Samen je Quadratmeter zu schließen. Dabei ist es allerdings wichtig, im Auge zu behalten, daß die untersuchte Fläche nicht sehr groß ist und Modifikationen durch zu- und ausfliegende Samen zu erwarten sind. Auch ein Schluß auf die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Zapfen müßte sich durch eine solche Betrachtungsweise ergeben, wenn eine einigermaßen ausreichend enge Beziehung zwischen

Zapfenzahl und Samendichte am Boden bestehen sollte. Um das festzustellen, wurde zunächst der Zusammenhang zwischen der Zapfendichte und der tatsächlich vorgefundenen Samendichte am Boden mit Hilfe der Regressionsanalyse bestimmt. Die Werte für die Samendichte sind dazu aus Tab. 14 im Kap. 4.2 entnommen worden. Tab. 10 zeigt, daß diese Beziehung mit Bestimmtheitsmaßen von 0,87 bis 0,91 für die Fichte und 0,82 für die Tanne außerordentlich straff ist. Daraus kann vor allem der Schluß gezogen werden, daß die Samenbefunde am Boden das Ausmaß der Fruktifikation an den Bäumen gut wiederspiegeln. Das bedeutet entweder, daß die Samen im wesentlichen im Kronenbereich der Mutterbäume auf den Boden gelangen, oder daß etwaige "Verluste" durch Austrag aus dem Parzellenbereich durch entsprechende Zugänge einigermaßen ausgeglichen werden.

Baumart und Jahr	Samendichte (Stück/m^2)	R	F	B	N
Fichte 1976	1,081 + 239,456 Z	0,935	+++	0,87	14
Fichte 1977	-3,195 + 270,333 Z	0,953	+++	0,91	14
Tanne 1976	1,101 + 210,816 Z	0,905	+++	0,82	14

Tab. 10: Kenndaten der Korrelationsanalyse für die Beziehungen zwischen der Samen- und Zapfendichte.

R = Korrelationskoeffizient
F = F-Wert, Irrtumswahrscheinlichkeit 0,1 % (+++)
B = Bestimmtheitsmaß
N = Zahl der Parzellen
Z = Zapfen in Stück/m^2

Wenn diese Beziehung zwischen Samendichte am Boden und dem Zapfenbehang auch auf kleinen Flächen, den Parzellen nämlich, ein sehr enger ist, dann muß es möglich sein, vom Zapfenbehang auf die zu erwartende Samendichte zu schließen, sofern nur die Körnerzahl pro Zapfen bekannt ist.

Es gibt drei Untersuchungen, allerdings zwei davon aus Mittelgebirgslagen, in denen die Körnerzahlen pro Fichtenzapfen ermittelt worden sind. Nach SIEGL, 1953, und MESSER, 1956, liegen sie bei etwa 200 und nach HEISEKE, 1969, bei 300. Die eigenen Befunde, aus Samendichte am Boden und Zapfenzahl berechnet, stimmen - wie Tab. 11 zeigt - mit diesen Werten überraschend gut überein.

Parzelle Nr.	Fichte 1976	Fichte 1977	Tanne 1976
1.0	210	195	207
1.1	196	171	238
1.2	304	221	292
2.0	311	207	342
2.1	214	199	252
2.2	223	205	241
3.0	288	277	344
3.2	279	237	340
4.0	251	113	240
4.2	197	127	218
5.0	270	221	238
5.2	236	152	278
6.0	204	239	258
6.2	189	203	230
Mittelwert ($\bar{x}$)	241	198	266
Variationskoef. %	18	22	18
Standardfehler %	5	6	5

Tab. 11: Durchschnittliche Samenzahl pro Zapfen, berechnet aus der Zahl der am Boden der Versuchsparzellen gefundenen Samen und der Zapfenzahl.

Für die Tanne lag die theoretische Körnerzahl pro Zapfen - berechnet aus der Samendichte am Boden und der Zapfenzahl - mit 266 Stück nur wenig höher als bei der Fichte (Tab. 11). Nach den nicht veröffentlichten Zählungen KRUGERs, 1979, sollten die Körnerzahlen je Tannenzapfen jedoch zwischen 350 und 550 liegen. Der Grund für die Diskrepanz zwischen diesen Werten und dem eigenen Befund läßt sich nur vermuten: Sie kann von der Ungenauigkeit der Schätzung aus Samendichte am Boden und Zapfenzahl herrühren; sie kann durch die relativ geringe Fruktifikation im Beobachtungszeitraum erklärt werden, wodurch Beeinflussungen des Zu- und Abgangs von den Aufnachmeflächen sich bei der ohnehin geringen Baumzahl stark auswirkten; sie kann aber natürlich auch eine Folge unterschiedlichen Fruktifikationsverhaltens des eigenen Baumkollektivs und des von KRUGER erfaßten sein. Der geringe Zapfenbehang an der Tanne ließ es nicht ratsam erscheinen, dem weiter nachzugehen.

3.24 Die Zapfenproduktion auf den einzelnen Versuchsparzellen

Es liegt nahe, die Befunde über die Zapfenproduktion auf den einzelnen Versuchsflächen und -parzellen miteinander zu vergleichen. Für die reale Situation ist das in den Tabellen 8 und 9 leicht möglich. Dabei fallen dann die beachtlichen Unterschiede von Fläche zu Fläche vor allem ins Auge, es wurde darauf bereits hingewiesen. Ein solcher Vergleich ist jedoch deshalb ganz und gar unbefriedigend - wenn auch praktisch bedeutsam! -, weil die einzelnen Parzellen unterschiedlich dicht mit Fichten und Tannen bestockt sind. Soll daher eine Gegenüberstellung von Befunden auf verschiedenen Parzellen sinnvoll sein, so muß eine gemeinsame Bezugsbasis gefunden werden. Als solche bieten sich zwei Größen an, nämlich die Zahl der Zapfen pro fruktifizierendem Baum sowie - wesentlich aussagekräftiger - die Zapfenzahl pro m^2 Grundfläche der zu betrachtenden Baumart.

In Tabelle 12 ist zunächst die Zahl der Zapfen pro fruktifizierendem Baum zusammengestellt. Darin tritt eine - im Rahmen dessen, was bei solchen Aufnahmen erwartet werden kann - beachtliche Homogenität zutage. Ganz deutlich wird darin erneut, daß sich die beiden hoch gelegenen Femelparzellen 1976 von allen anderen im Zapfenbehang

Parzelle Nr.	Fichte 1976	Fichte 1977	Tanne 1976
1.0	32	136	48
1.1	70	106	24
1.2	74	123	62
1.4	54	73	27
2.0	42	67	14
2.1	41	76	15
2.2	57	185	37
2.4	56	69	15
3.0	41	106	19
3.2	56	101	32
4.0	111	104	14
4.2	66	119	19
5.0	39	114	22
5.2	24	104	22
6.0	54	125	24
6.2	29	100	30
8.4	194	98	-
9.4	166	90	-

Tab. 12: Anzahl der Zapfen je fruktifizierendem Baum, Stück.

unterschieden. Ebenfalls stärker fruktifizierten die Fichten auf der ebenfalls hoch gelegenen Parzelle 4.0. Der gesamte Rest der Versuchsbestände liegt dagegen in einem Rahmen zwischen 24 und 70 Zapfen pro Baum. Diese Differenz erscheint zwar groß, jedoch wird sie in ihrer Bedeutung relativiert, wenn man sich daran erinnert, daß eine voll fruktifizierende herrschende Fichte um 600 Zapfen trägt.

Im zweiten Untersuchungsjahr wird die Gleichmäßigkeit des Zapfenbehangs an den Bäumen, die überhaupt Zapfen gebildet haben, noch deutlicher. Hier gibt es nur einen Ausreißer mit 185 Zapfen pro Baum auf der Parzelle 2.2, auf der aber überhaupt nur 3 Fichten

vorkommen, was 28 pro Hektar entspricht (s. Tab. 8). Diese drei Bäume haben im Jahr 1977 zufällig alle verhältnismäßig stark fruktifiziert. Der Behang an den fruktifizierenden Bäumen aller anderen Parzellen liegt dagegen zwischen knapp 70 und 136 Zapfen wieder in einem ziemlich engen Rahmen.

Ganz ähnlich stellt sich die Situation für die Tanne im Jahr 1976 dar, deren gleichmäßig geringe Fruktifikation zu Werten zwischen 14 und 48 Zapfen je Baum geführt hat. Nur eine einzige Parzelle, nämlich 1.2, liegt mit 62 geringfügig darüber.

Dieser Befund ist in sich so einheitlich, daß der Versuch, ihn statistisch weiter aufzubereiten, nicht sinnvoll erscheint.

Eine weitere und bessere Möglichkeit zum Vergleich der Fruktifikationsstärken auf den einzelnen Versuchsparzellen ergibt sich, wenn die Zapfendichte je Quadratmeter Grundfläche der f r u k t i f i z i e r e n d e n Bäume bzw. a l l e r Bäume aus der Oberschicht hergeleitet wird. Das ist in Tab. 13 geschehen. Es zeigt sich daran, daß die Streuungen der Zapfendichten, auf die Grundfläche der fruktifizierenden Bäume bezogen, größer werden als das im Hinblick auf die Zahl der entsprechenden Bäume der Fall war. Immerhin schwanken sie im ersten Untersuchungsjahr bei der Fichte noch zwischen 300 und 850 je m^2 Grundfläche auf den weitaus meisten Parzellen. Nur auf den hochgelegenen Femelparzellen wurden Dichten von 925 bzw. 1400 ermittelt. Wie schon bei den Zapfenzahlen pro Baum festzustellen war, schwanken auch die Werte für die Zapfendichten pro Quadratmeter Grundfläche im Jahr der stärkeren Fruktifikation, 1977, zwar deutlich weniger, jedoch kommen Unterschiede von Parzelle zu Parzelle bis zum 3 1/2-fachen des niedrigeren Wertes vor.

Einen wirklichen Eindruck der Fruktifikation in einem Bestand gibt aber erst die Zapfendichte, bezogen auf die Grundflächen a l l e r Bäume der Oberschicht, da jetzt auch die Stämme mit in die Rechnung eingehen, die überhaupt keine Zapfen gebildet hatten (ebenfalls Tab. 13). Aus dem Vergleich beider Teile der Tabelle wird dann z.B.

Parzelle Nr.	Zapfen je m^2 Grundfläche der fruktifizierenden Bäume			aller Bäume der Oberschicht		
	Fi 76	Fi 77	Ta 76	Fi 76	Fi 77	Ta 76
1.0	360	1 392	562	96	1 008	420
1.1	856	1 148	195	553	939	137
1.2	561	1 068	447	327	936	447
1.4	647	848	221	282	431	113
2.0	504	838	207	215	455	162
2.1	568	1 054	188	376	693	141
2.2	647	1 998	193	647	1 998	141
2.4	764	874	198	240	584	127
3.0	360	902	297	109	720	298
3.2	483	976	269	382	1 087	269
4.0	672	595	110	672	526	106
4.2	542	946	209	418	897	189
5.0	322	1 270	293	116	878	251
5.2	183	968	132	95	865	132
6.0	448	1 442	207	343	1 234	144
6.2	304	1 144	294	201	1 144	294
8.4	1 394	814	-	1 203	201	-
9.4	925	844	-	804	228	-

Tab. 13: Die durchschnittliche Anzahl der Zapfen pro Quadratmeter Grundfläche von Fichte und Tanne (die Tanne fruktifizierte 1977 nicht).

ersichtlich, daß die wenigen Fichten auf Parzelle 9.4, die 1977 fruktifizierten, nur eine geringfügig niedrigere Zapfendichte aufwiesen als die fruchtenden Bäume im Vorjahr, wohingegen die Zapfendichte pro Quadratmeter Grundfläche aller herrschenden Bäume nur etwa 1/4 derjenigen des Vorjahres betrug. Für die Tanne gelten diese Befunde sinngemäß.

In keinem Fall, also weder für Tanne noch für die Fichte, lassen die Zahlen einen Trend erkennen, der auf Einflüsse solcher Faktoren, wie Höhenlage, Exposition und Hiebsmaßnahmen, schließen ließe. Es wurden deshalb auch mit diesen Zahlen keine Versuche unternommen, dem durch weitere statistische Aufbereitung nachzugehen.

4. Samendichte, Samenqualität und Samenfall

4.1 Methode

4.11 Die Samenfänge und ihre Kontrolle

Die Samenfänge, ihre Konstruktion, Anbringung im Gelände und Verteilung auf den Versuchsparzellen sind bereits im Kapitel 2.1 beschrieben und in den Abbildungen Nr. 3, 4 und 5 dargestellt worden. Anfang September 1976 wurden sie auf allen Parzellen aufgestellt und dann regelmäßig gewartet und kontrolliert. Insgesamt standen so 650 Samenfänge bereit.

Die Kontrollen der Fänge erfolgten in unregelmäßigen Abständen. Sie richteten sich nach der Witterung sowie nach dem Verlauf des Samen- und Streufalls: Während der Hauptfallzeit im Herbst wurde in ungefähr zweiwöchigen Intervallen geleert; im Frühjahr und Sommer dagegen wurde eine Aufnahme pro Monat für ausreichend gehalten.

Bei Schneelage, also etwa von Mitte November bis Mitte März, konnten überhaupt keine Leerungen stattfinden: Einige der höhergelegenen Parzellen waren sogar bis Ende April ganz oder teilweise von Schnee bedeckt. Die gesamte Ausbeute des Winterhalbjahres fand sich daher bei der ersten Aufnahme im Frühjahr.

4.12 Sortierung des gesammelten Materials

Das in den Samenfängen gewonnene Material bestand hauptsächlich aus den Bestandesabfällen, vor allem der Laub- und Nadelstreu. Die Samen machten darin nur einen kleinen Teil aus. Dieses Material wurde im Labor bei Zimmertemperatur zunächst vorgetrocknet und bis zur Weiterverarbeitung in trockenen, aber kühlen Räumen gelagert. Der erste Abschnitt der Erfassung der Samenausbeute bestand in der mühsamen und arbeitsaufwendigen Trennung von Samen und Streu.

Unter Samen wurden unbeschädigte Samen und Früchte verstanden, auch wenn sie unreif, besonders klein, zusammengeschrumpft, von Krankheiten befallen oder schon angekeimt waren. Außerdem galten als Samen Bruchstücke von Samen und Teile von Früchten, wenn sie größer als die Hälfte ihrer ursprünglichen Größe waren. Diese Definition entspricht dem Begriff "reine Samen" der internationalen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut (INTERNAT. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG, 1976 a).

Die Anzahl der Samen wurde für jeden Samenfang nach Baumart - Fichte, Tanne, Buche, Ahorn, Lärche und sonstige - registriert. Darüber hinaus sind aber auch die Buchenkapseln, Tannen- und Fichtenzapfenschuppen sowie die Fichten- und Tannenzapfen zahlenmäßig erfaßt worden. Im gleichen Arbeitsgang wurden die Flügel der Fichten-, Tannen- und Lärchensamen abgetrennt, falls sie noch vorhanden waren. Die Früchte des Ahorns wurden immer zusammen mit den Flügeln erfaßt.

Die Sortierung der Streu erlaubte die Unterscheidung folgender Gruppen:

Buchenblätter
Ahornblätter
sonstiges Laub
Nadeln
Knospenschuppen
Blütenreste
Früchte (Zapfen, Zapfenschuppen, Buchenkapseln)
Zweige
Rindenstücke
nicht identifizierbares Feinmaterial

Diese Streufraktionen wurden 4 Tage bei 65 °C getrocknet und anschließend gewogen.

4.13 Die Bestimmung der Samenqualität

Wir untersuchten die Samenqualität getrennt nach Baumart, Parzelle und Aufnahmetermin jeweils anhand einer Mischprobe aus allen Samenfängen nach den ISTA-Vorschriften (INTERNAT. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG, 1976 a) im Institut für Samenkunde der Forstlichen Forschungsanstalt München. Lediglich die Samen von den Femel- und Kahlschlägen wurden getrennt nach einzelnen Samenfängen auf ihre Qualität hin analysiert. Das erschien deshalb nötig, weil viele oder gar alle der Fänge auf diesen Parzellen nicht direkt unter dem Schirm der Mutterbäume standen und deshalb die Möglichkeit nicht auszuschließen war, daß mit der längeren Anflugstrecke eine Sortierung des Saatgutes nach leichteren und schwereren Früchten eingetreten sein könnte.

Aus jedem Samenkollektiv wurden nach guter Durchmischung vier Proben zufällig gezogen, die, abhängig von der Gesamtmenge, jeweils aus 100, 50 oder 25 Samen bestanden. Diese Proben wurden auf ihre Keimfähigkeit untersucht. Standen je Aufnahmetermin und Parzelle weniger als 100 Samen zur Verfügung, so wurden alle Samen auf ihre Qualität hin untersucht.

Die Keimprüfung der Fichte-, Tannen- und Lärchensamen erfolgte in einem Jakobsen-Gerät, das eine konstante Tagestemperatur (7 - 15 Uhr) von 30 °C und eine Nachttemperatur von 20 °C hielt. Dabei wurden die Samen 21 Tage lang auf Filterpapier zum Keimen angesetzt, wobei

die Tannensamen zuvor 21 Tage lang bei 5 °C feucht vorbehandelt worden waren. Die Auszählung der gekeimten Samen erfolgte in der Regel täglich. Als normal gekeimt galt jeder Fichten- bzw. Lärchensamen, dessen Keimwurzel länger als 7 mm war, bzw. jeder Tannensamen mit einer Radicula von mehr als 15 mm Länge.

Die Differenzen zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Keimprozent der Wiederholungen lagen bei allen Proben im Rahmen der Tabelle "Höchste zulässige Spielräume zwischen Wiederholungen" (INTERNAT. VEREINIGUNG F. SAATGUTPRÜFUNG, 1976 b). Die angegebenen Ergebnisse sind Mittelwerte dieser vier Wiederholungen.

Die Lebensfähigkeit der Buchen- und Ahornsamen wurde mittels Tetrazoliumtests festgestellt. Dazu wurden die Ahornsamen bei 5 °C in feuchtem Sand vier Wochen lang vorbehandelt. Die eigentliche Analyse und die Beurteilung der Lebensfähigkeit der Samen erfolgte ebenfalls nach den ISTA-Vorschriften (INTERNAT. VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG, 1976 b).

4.14 Der Beobachtungszeitraum

Die Beobachtungszeiträume waren in den beiden Untersuchungsjahren nicht gleich. Im ersten Jahr hatten nur Fichten und Tannen geblüht und Zapfen gebildet. Samen oder Zapfenteile begannen erst im Oktober in nennenswertem Umfang zu fallen. Im folgenden Jahr fruktifizierten dagegen außer der Fichte auch Buchen und Ahorne. Erste Fruchtteile sowie meist taube Samen erschienen schon in den Sommermonaten in den Samenfängen. Deshalb wurde für die Samenproduktion 1976 der Zeitraum von September 1976 bis Mai 1977 - also 9 Monate - zugrunde gelegt, während der Samenproduktion 1977 alles als zugehörig erachtet wurde, was während der 15 Monate von Juni 1976 bis August 1977 in den Fängen gefunden wurde.

4.15 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Für das auf die bisher beschriebene Weise erarbeitete Datenmaterial wurden dann, wenn das sinnvoll erschien, statistische Parameter erarbeitet und Analysen vorgenommen. Für jede Art der Berechnung wird im Anhang ein Beispiel gebracht werden. Im Text werden dagegen nur die Rechenergebnisse angeführt werden, die zur Untermauerung der Dateninterpretation nötig sind.

Alle erhobenen Daten wurden für die statistische Auswertung auf Lochkarten übertragen. Deren rechnerische Bearbeitung erfolgte in der Programmsprache FORTRAN IV mit dem Computer IBM 301 des Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Alle Samenfänge waren so ausgelegt, daß ihre Neigung der der Bodenoberfläche entsprach. Die mitgeteilten Dichtewerte beziehen sich ausnahmslos auf diese geneigte Auffangfläche. Sie wurde - auch im Hinblick auf die nachfolgenden Verjüngungsuntersuchungen - als die aussagekräftigste Bezugsgröße angesehen. Jedoch ist die Neigung jedes Samenfanges gemessen und festgehalten worden. Alle entsprechenden Daten werden beim Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung aufbewahrt, so daß - sollte ein Bedarf dafür bestehen - mit Hilfe einfacher Computer-Programme Umrechnungen der Samendichten auf die Horizontale möglich sind.

4.2 Die Samendichte

Die Dichte, in der die Samen den Boden decken, sowohl als auch deren Verteilung auf der Bodenoberfläche sind entscheidende Ausgangsgrößen für die natürliche Verjüngung von Wäldern. Die Kenntnis dieser Parameter ist daher für Untersuchungen über den Ablauf natürlicher Verjüngungen von grundlegender Bedeutung.

Bevor die Dichtebefunde hier mitgeteilt werden, sei noch einmal darauf hingewiesen, daß diese im Zusammenhang gesehen werden müssen mit der Zahl der fruktifizierenden Bäume auf der jeweiligen Fläche zum einen und zum anderen aber auch mit der Zahl der Bäume der jeweiligen Art, die pro Flächeneinheit überhaupt vorhanden sind. Darauf wird jedoch nicht mehr weiter eingegangen, da über diese Dinge bereits im Abschnitt über die Zapfenbildung gesprochen wurde. Hier geht es vor allem darum, zu belegen, wieviele Samen pro Flächeneinheit festgestellt wurden. Diese Größe allein stellt das Verjüngungspotential eines Waldbestandes in einem gegebenen Augenblick dar.

Die wichtigsten Ergebnisse, die Samendichte betreffend, sind in der Tabelle 14 zunächst ohne alle statistischen Parameter zusammengestellt worden. Daraus ist vor allem zu entnehmen, daß die weitaus höchsten Werte von der Fichte erbracht wurden, gefolgt von Ahorn, Tanne und Buche, und daß die Dichten in den beiden Untersuchungsjahren außerordentlich unterschiedlich waren.

Die Fichte fruktifizierte - es wurde im vorangehenden Kapitel bereits darauf hingewiesen - 1976 zwar nur sehr gering, jedoch wurden immerhin Werte zwischen 13 und 145 Samen je Quadratmeter ermittelt. Die geringsten Dichten bildeten sich erwartungsgemäß auf den Kahlflächen heraus, wobei es allerdings beachtlich ist, daß sie selbst hier bei 13 bzw. 26 Stück/m^2 lagen.

Ganz und gar aus dem Rahmen fallen die Samendichten im Weidewald (7.2) mit fast 250 Stück/m^2 und auf den hoch gelegenen Femeln (8.4; 9.4) mit 400 und knapp 700 Stück/m^2.

Parz.	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn		Sonstige		Summen		
	76	77	76	77	76	77	76	77	76	77	76	77	76+77
1.0	25,1	260	68,1	5,1	0,8	52,9	3,7	47,1	0,9	1,1	99	366	465
1.1	100,5	208	17,9	4,1	0,8	28,7	0,8	17,2	0	0,7	120	258	378
1.2	83,9	230	51,7	6,8	0,4	35,9	0,3	16,8	0,3	0,8	137	291	428
1.3	12,6	16	2,9	1,3	0	0,3	1,1	1,9	0,1	0	17	20	37
1.4	50,4	88	10,7	3,2	0,7	81,6	1,5	20,1	0,3	0,4	63	194	257
2.0	71,5	167	8,0	0,9	0,1	20,9	0	1,6	0,7	0,9	80	191	271
2.1	73,7	160	13,7	14,4	0	16,7	0,4	5,1	1,2	5,7	89	202	291
2.2	35,9	120	33,9	4,0	0,7	10,9	4,0	23,1	3,3	0,5	78	158	236
2.3	26,3	39	1,3	0,8	0,4	0,3	2,5	20,3	2,5	0	33	61	94
2.4	87,2	177	6,4	1,7	0,1	38,9	0,8	8,5	0,5	0	95	226	321
3.0	109,7	870	14,0	1,5	1,3	49,3	0,5	1,3	0	0,3	126	922	1048
3.2	100,0	346	28,1	3,2	0,4	10,4	0,7	4,8	0,1	0,7	129	365	494
4.0	145,2	142	7,0	1,8	0	59,4	0	11,6	17,8	8,2	170	223	393
4.2	66,8	194	6,4	1,9	0	13,3	0	5,1	4,8	12,3	78	226	304
5.0	96,7	813	12,1	2,4	0,8	61,6	1,5	8,7	0	0,1	111	886	997
5.2	24,9	268	2,8	0,9	0,8	53,3	21,6	83,5	2,7	0,5	53	406	459
6.0	50,4	296	57,7	7,6	1,6	147,7	2,4	55,3	0	0,5	112	508	620
6.2	30,0	212	28,8	15,7	0	45,6	0,8	23,7	0	0	60	297	357
7.2	237,0	474	30,1	10,8	0,4	2,3	0,7	1,1	1,1	0,3	269	489	758
8.4	680,8	119	6,3	5,5	0	0	0,1	0,5	0,1	0	687	125	812
9.4	392,4	126	12,0	2,3	0	0	0,1	0	0	0	405	128	533

Tab. 14: Die Samendichte, Stück pro Quadratmeter.

Im zweiten Beobachtungsjahr lag die Samendichte mit Werten zwischen 88 und 870 Stück/m^2 bedeutend höher. Auffällig ist dabei, daß die auf den Kahlflächen aufgefangenen Samenmengen nur ganz unwesentlich über denen des insgesamt gesehen viel weniger ergiebigen Vorjahres lagen. Auch die hoch gelegenen Femelparzellen, die im Vorjahr beachtlich gefruchtet hatten, waren deutlich unter das sonst allgemein erreichte Niveau zurückgefallen.

Tannensamen sind im Beobachtungszeitraum nur in begrenztem Umfang gefallen. Sie schwankten im ersten Jahr - unter Auslassung der Kahlflächen - zwischen 3 und 70 Stück pro Quadratmeter, mit dem Schwergewicht zwischen 10 und 20 Stück/m^2. Im zweiten Jahr war die Dichte dagegen äußerst gering, nur auf drei Parzellen fanden sich Werte über 10 Stück/m^2.

Bucheckern gelangten im ersten Jahr so gut wie gar nicht auf den Boden, es hatte praktisch keine Fruktifikation stattgefunden. Im zweiten Jahr betrugen die Dichten der Bucheckern auch nur zwischen 10 und 82 Stück pro Quadratmeter. Lediglich auf einer Parzelle (6.0) wurden Werte um 150 Stück/m^2 ermittelt. Es hat sich danach um eine geringe Mast gehandelt, wobei im Falle der Buche allerdings noch ausgeprägter als für die Fichte zu beachten ist, daß die großen Schwankungen von Parzelle zu Parzelle vor allem durch die sehr unterschiedliche Beteiligung der Buche an der Bestockung bedingt ist.

Auch der Ahorn hat im Versuchszeitraum in einigem Umfang Früchte produziert. Im ersten Jahr waren es - mit Ausnahme der Parzelle 5.2 - so wenige, daß sie vernachlässigt werden können. Im zweiten Beobachtungsjahr fanden sich dagegen deutlich mehr. Dichten bis zu 84 Stück/m^2 wurden gezählt. Die zu beobachtenden außerordentlichen Dichteschwankungen sind vor allem eine Folge der Seltenheit von Samenbäumen dieser Art. Das wird besonders daran klar, daß auf der Kahlschlag-Parzelle 1.3 knapp 2 Samen pro Quadratmeter gefunden wurden, während auf dem zweiten Kahlschlag (2.3) nicht weniger als 20 Ahornsamen pro Quadratmeter vorkamen. Dieser hohe Wert ist einfach dadurch zu erklären, daß ein stark fruktifizierender Ahornbaum in der Nähe des angrenzenden Bestandesrandes stand.

In der Rubrik "Sonstiges" sind die wenigen Samen und Früchte anderer als der erwähnten Baumarten aufgeführt. Es handelt sich dabei um einige Lärchen-, Eschen-, Ulmen-, Vogelbeer-, Mehlbeer- und Eibensamen. Der relativ hohe Dichtewert für diese Kategorie auf dem Parzellenpaar 4.0 und 4.2 ist auf die dort häufige Lärche zurückzuführen.

Die für die Beurteilung der Verjüngungsabläufe so wichtigen Samendichte ist zur besseren Übersichtlichkeit in Ergänzung der Tabelle 14 in den Abbildungen 6 und 7 grafisch dargestellt worden (ausgenommen Femelschläge und Weidewald), darin ist auch der Anteil der Lärchensamen gesondert aufgeführt.

In der letzten Spalte der Tabelle 14 ist die Summe aller gefundenen Samen als Dichtewert mitgeteilt. Wenn es sich dabei auch um ein Durcheinanderwerfen sehr unterschiedlicher Größen handelt, so zeigen die Zahlen doch, daß in den untersuchten Bergmischwald-Beständen auch in Jahren geringer Fruktifikation beachtliche Samendichten zustandekommen. Nimmt man beide Jahre zusammen, so liegen die Werte zwischen 250 und über 1000 Samen pro Quadratmeter. Und selbst die Kahlschlagparzellen empfingen noch so viele Samen, daß sich auf ihnen Dichten von 37 und 94 Stück/m^2 einstellten. Aus dieser Tatsache kann der Schluß gezogen werden, daß die Samenproduktion in Bergmischwäldern wohl ein permanenter Vorgang ist, durch den auch in Jahren geringerer Fruktifikation ein Minimalangebot an Samen zumindest einiger Baumarten zur Verfügung steht.

Der Frage einer möglichen Beeinflussung der Dichtewerte durch die waldbauliche Behandlung der Altbestände oder durch die verschiedenen Lagen (Standorte) der Versuchsflächen wurde varianzanalytisch nachgegangen (s. Anhang Nr. 5). Dabei zeigte sich, daß die durch die Lage der Versuchsflächen verusachte Variation in keinem Falle signifikante Größenordnungen erreichte. Und auch die Samendichten auf waldbaulich verschieden behandelten Parzellen unterschieden sich, wie Tab. 15 zeigt, nur im Falle der Fichtensamen des Samenjahrs 1977 signifikant, wobei der Unterschied jedoch nur durch die erhebliche Diskrepanz der Dichten auf den Kahlflächen und den beschirmten zustandekam.

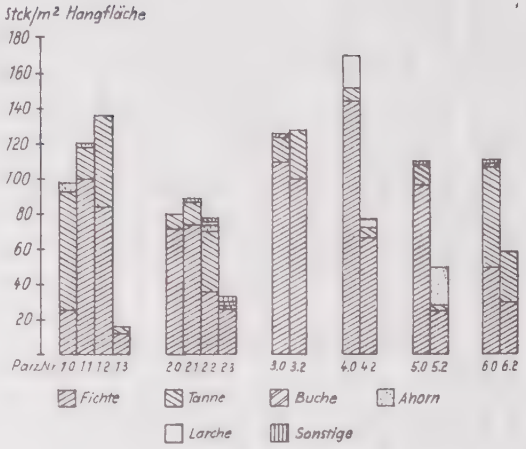


Abb. 6: Dichte und Artenzusammensetzung der Samen im Jahr 1976.

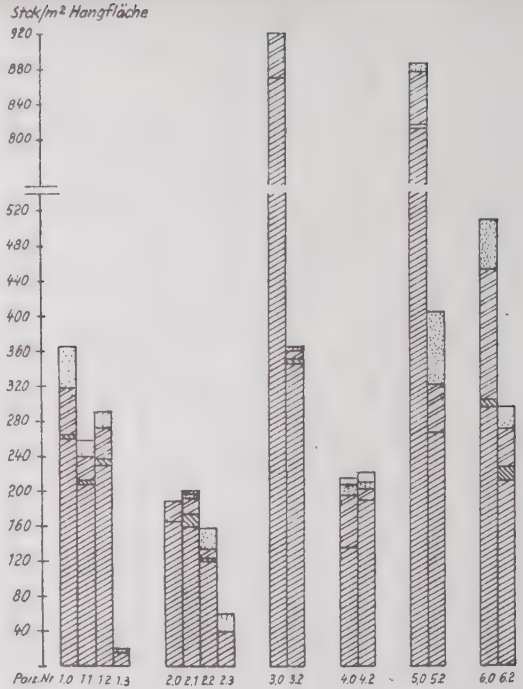


Abb. 7: Dichte und Artenzusammensetzung der Samen im Jahr 1977. (Zeichenerklärung s. Abb. 6).

Die Interpretation dieser Analyse sollte allerdings deshalb mit Vorsicht erfolgen, weil das zur Verfügung stehende Datenkollektiv nur sehr klein war.

Samen/m^2	213,1	184,0	175,0	27,9
Art des Eingriffs	Kontrolle	schwacher Schirmhieb	starker Schirmhieb	Kahlfläche
Kontrolle	-	n.s.	n.s.	x
schw. Schirmhieb	n.s.	-	n.s.	x
st. Schirmhieb	n.s.	n.s.	-	x

Tab. 15: Einfluß waldbaulicher Eingriffe (Überschirmungsgrad) auf die Dichte der Fichtensamen 1977.
(DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse $\hat{F} > F_{0,05}$)

4.3 Die Verteilung der Samen

Genauso wichtig wie die Kenntnis der Samendichte für die Beurteilung des Verjüngungspotentials in Bergmischwaldbeständen ist die Erfassung der Verteilung, in der sich die Samen am Boden finden. Der Idealfall wäre eine systematische Verteilung am Boden, wie sie sich etwa bei der Rillensaat ergäbe, oder wie sie für gepflanzte junge Bäume typisch ist. Das ist aber im Falle von natürlich ausfliegenden Samen nicht zu erwarten, und zwar um so weniger je ungleichmäßiger die Mutterbäume selbst verteilt sind und je weniger deren Ungleichmäßigkeit durch Flugfähigkeit der Samen wenigstens teilweise ausgeglichen werden kann.

Für Verjüngungsuntersuchungen der vorliegenden Art, in denen die Samenproduktion nur einen Teilabschnitt darstellt, wäre es jedoch sehr wünschenswert zu wissen, mit welcher Wahrscheinlichkeit auf einem gegebenen Flächenausschnitt Samen und dann in der Folge auch Jungpflanzen zu erwarten sind. Deshalb wurde der Versuch unternommen, die über die Samenfänge ermittelten empirischen Verteilungen auf jeder Parzelle zu den wichtigsten theoretischen Verteilungen in Beziehung zu setzen.

Zunächst aber wurden dazu die Parameter Mittelwert, Median, Variationskoeffizient, Standardfehler für den Wahrscheinlichkeitsbereich 68 % und 95 %, Schiefe und Exzeß für jede Baumart, Parzelle und Samenjahr ermittelt. Diese Werte sind in den Tabellen 16 a - d für Fichte, Tanne, Buche und Ahorn zusammengestellt. Ihre rechnerische Herleitung kann aus dem Anhang Nr. 2 entnommen werden.

PARZ. Nr.	MITTEL	MEDIAN	V%	SXQ%	T*SXQ%	SCHF1	SCHF2	SCHF3	EXZESS
10	6.3	6	52	9	19	0.2	0.1	-0.5	0.22
11	25.1	25	31	6	12	0.1	-0.1	-0.3	0.27
12	21.0	17	51	9	19	1.1	0.4	0.3	0.25
13	3.1	3	70	13	26	0.2	-0.2	-1.0	0.30
20	17.9	15	53	10	20	0.9	0.3	0.1	0.31
21	18.4	15	63	11	23	0.9	0.2	0.2	0.28
22	9.0	9	38	7	14	-0.0	-0.1	-0.3	0.33
23	6.6	6	69	13	26	0.4	0.0	-0.3	0.30
30	27.4	28	26	5	10	-0.2	-0.2	-0.3	0.21
32	25.0	25	22	4	8	0.0	-0.1	-0.1	0.25
40	36.3	33	52	12	24	0.5	-0.4	0.1	0.25
42	16.7	18	33	6	12	-0.7	-0.2	-0.6	0.30
50	24.2	21	52	10	20	0.8	0.4	0.0	0.22
52	6.2	5	42	8	16	1.4	0.7	0.0	0.17
60	12.6	14	37	7	14	-0.9	-0.2	-0.7	0.29
62	7.5	8	39	7	15	-0.5	-0.3	-1.0	0.25
14	12.6	10	54	10	20	1.1	0.5	0.1	0.23
24	21.8	20	43	8	16	0.6	0.2	0.2	0.29
84	170.2	149	42	8	16	0.9	0.3	0.3	0.34
94	98.1	80	43	8	16	1.3	0.6	0.6	0.24

PARZ. Nr.	MITTEL	MEDIAN	V%	SXQ%	T*SXQ%	SCHF1	SCHF2	SCHF3	EXZESS
10	64.9	53	58	11	22	1.0	0.5	0.3	0.18
11	51.9	50	22	4	8	0.5	0.2	-0.1	0.23
12	57.6	38	84	15	32	1.2	0.3	0.5	0.15
13	4.1	4	57	10	21	0.1	0.0	-0.5	0.50
20	41.6	34	54	10	20	1.0	0.3	0.2	0.25
21	40.1	33	54	10	20	1.0	0.5	0.2	0.22
22	29.9	28	32	6	12	0.6	0.1	0.2	0.18
23	9.8	9	47	9	18	0.5	0.1	-0.2	0.18
30	217.4	197	45	8	17	0.6	-0.0	0.1	0.33
32	86.5	81	30	6	11	0.6	0.2	-0.2	0.24
40	35.5	35	52	12	24	0.1	-0.0	-0.1	0.29
42	48.4	35	71	13	27	1.2	0.6	0.5	0.18
50	203.3	197	25	5	9	0.4	0.2	0.0	0.16
52	66.9	65	17	3	6	0.5	0.1	0.0	0.27
60	74.1	62	66	12	25	0.7	0.3	-0.2	0.23
62	52.9	51	25	5	10	0.4	0.0	-0.1	0.16
14	22.1	20	60	11	22	0.5	0.0	-0.3	0.20
24	44.3	41	31	6	12	0.7	0.3	0.1	0.31
84	29.7	25	95	17	36	0.5	-0.3	-0.5	0.15
94	31.6	22	81	15	30	1.1	0.5	0.4	0.24

Tab. 16a: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Fichte.
- oben: Samenjahr 1976; - unten: Samenjahr 1977

PARZ. Nr.	MITTEL	MEDIAN	V%	SXQ%	T*SXQ%	SCHF1	SCHF2	SCHF3	EXZESS
10	17.0	16	32	6	12	0.6	0.3	-0.1	0.25
11	4.5	4	55	10	20	0.6	0.0	-0.3	0.19
12	12.9	11	56	10	21	0.8	0.3	0.0	0.25
13	0.7	1	113	21	42	-1.0	0.0	0.0	0.0
20	2.0	2	85	16	32	0.0	0.0	-1.0	0.25
21	3.4	4	52	10	20	-0.9	-0.2	-1.0	0.30
22	8.5	8	48	9	18	0.3	0.2	-1.0	0.13
23	0.3	0	164	30	61	1.8	1.0	0.0	0.0
30	3.5	3	61	11	23	0.7	0.3	-0.3	0.25
32	7.0	6	63	11	24	0.7	0.1	-0.2	0.28
40	1.8	1	96	21	45	1.3	0.5	0.0	0.25
42	1.6	1	143	26	53	0.8	0.3	-1.0	0.17
50	3.0	2	82	15	31	1.2	0.3	0.3	0.25
52	0.7	1	100	18	38	-1.3	0.0	0.0	0.0
60	14.4	13	59	11	22	0.5	0.1	-0.1	0.16
62	7.2	7	56	10	21	0.1	0.1	-0.3	0.33
14	2.7	3	84	15	32	-0.4	-0.2	-1.0	0.30
24	1.6	1	94	17	35	1.2	0.3	0.0	0.33
84	1.6	1	83	15	31	1.3	0.3	-1.0	0.17
94	3.0	3	46	8	17	0.0	-0.3	-1.0	0.33

Tab. 16b: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Tanne; Samenjahr 1976.

PARZ. Nr.	MITTEL	MEDIAN	V%	SXQ%	T*SXQ%	SCHF1	SCHF2	SCHF3	EXZESS
10	11.8	10	55	10	21	0.8	0.2	0.1	0.30
11	4.3	3	101	18	38	0.9	0.4	-0.3	0.21
12	4.2	3	59	11	22	1.4	0.4	0.0	0.14
13	0.5	0	135	25	50	2.2	1.0	0.0	0.0
20	0.4	0	169	31	63	1.8	1.0	0.0	0.0
21	1.3	1	90	16	34	0.7	0.3	-1.0	0.17
22	5.8	5	47	9	18	0.9	-0.1	0.0	0.22
23	5.1	4	123	23	46	0.5	0.0	-0.5	0.33
30	0.3	0	198	36	74	1.5	1.0	0.0	0.0
32	1.2	0	147	27	55	2.0	1.0	1.0	0.17
40	2.9	2	109	24	51	0.9	0.3	-1.0	0.17
42	1.3	1	95	17	35	0.7	0.3	-1.0	0.17
50	2.2	2	62	11	23	0.4	0.3	-1.0	0.33
52	20.9	19	37	7	14	0.7	0.3	0.3	0.29
60	13.8	12	72	13	27	0.6	0.4	-0.2	0.19
62	5.9	5	61	11	23	0.8	0.1	-0.3	0.21
14	5.0	5	62	11	23	0.0	0.1	-0.5	0.22
24	2.1	1	98	18	37	1.6	0.6	0.0	0.20
84	0.1	0	259	47	97	1.2	1.0	0.0	0.0

Tab. 16c: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Buche; Samenjahr 1977.

PARZ. Nr.	MITTEL	MEDIAN	V%	SXQ%	T*SXQ%	SCHF1	SCHF2	SCHF3	EXZESS
10	13.2	8	78	14	29	1.5	0.6	0.5	0.22
11	7.2	5	79	14	29	1.2	0.4	0.1	0.32
12	9.0	5	111	20	41	1.2	0.5	0.1	0.21
13	0.1	5	381	20	41	0.8	0.0	0.0	0.0
20	5.2	5	98	18	37	0.1	0.1	-0.6	0.23
21	4.2	1	146	27	55	1.6	0.8	0.6	0.21
22	2.7	2	78	14	29	1.0	0.2	-0.3	0.30
23	0.1	2	381	14	29	0.8	0.0	0.0	0.0
30	12.3	7	88	16	33	1.5	0.6	0.4	0.35
32	2.6	2	116	21	43	0.6	0.5	-1.0	0.13
40	14.8	9	93	21	44	1.3	0.5	0.5	0.35
42	3.3	2	98	18	37	1.2	0.5	0.0	0.25
50	15.4	6	157	29	59	1.2	0.7	0.3	0.20
52	13.3	12	47	9	18	0.6	0.2	0.0	0.29
60	36.9	33	55	10	20	0.6	0.1	0.1	0.33
62	11.4	6	103	19	39	1.4	0.6	0.3	0.19
14	20.4	7	122	22	46	1.6	0.7	0.7	0.32
24	9.7	6	111	20	41	1.0	0.4	0.1	0.26

Tab. 16d: Die wichtigsten statistischen Parameter der Samendichten. Baumart: Ahorn; Samenjahr 1977.

Eine Betrachtung dieser Werte läßt schon auf den ersten Blick erkennen, daß eine halbwegs gleichmäßige Verteilung der Samen am Boden nur für die Fichtensamen zu erwarten ist, wobei hier unter Gleichmäßigkeit vor allem eine verhältnismäßig geringe Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert verstanden werden soll, wie sie sich in einer geringen Standardabweichung äußert. Die Variationskoeffizienten, Schiefewerte und der Exzeß lassen zudem vermuten, daß sich zumindest auf einigen Parzellen Verteilungsmuster gebildet haben, die theoretischen Verteilungen ähneln. Die Standardfehler schließlich liegen in einem Bereich, der den zugehörigen Mittelwerten eine im Rahmen von Untersuchungen der vorliegenden Art ausreichende Zuverlässigkeit verleiht.

Ganz anders sehen die Dinge jedoch aus, wenn die gleichen Parameter für die anderen Baumarten betrachtet werden. Die Tanne hat nur sehr gering fruktifiziert; auch die Flugfähigkeit ihrer Samen reicht dann nicht aus, um die ungleichmäßige Verteilung der Samenbäume auch nur halbwegs auszugleichen. Geringen Mittelwerten entsprechen daher sehr hohe Variationskoeffizienten, ein großes Fehlerprozent und beachtliche Schiefewerte.

Den geringen Dichtewerten der Buchen- und Ahornsamen schließlich entsprechen sehr inhomogene Verteilungen allein schon dadurch, daß Samenbäume dieser Arten auf allen Parzellen (Ausnahme Buche 6.0) ausgesprochen selten vorkamen.

Einen gewissen Eindruck der Verteilungsart eines Datenkollektivs gibt der Klumpungsindex. Er errechnet sich durch Division der Varianz, also des Quadrats der Standardabweichung, durch den zugehörigen Mittelwert. Ganz grob läßt sich seine Bedeutung folgendermaßen charakterisieren: Beträgt der Klumpungsindex 1, so liegt eine zufällige Verteilung vor, liegt er darunter, so wird die Verteilung systematisch. Beträgt seine Größe dagegen mehr als 1, so ist mit einer Klumpung zu rechnen, je höher er liegt, desto ausgeprägter ist das der Fall. Bei der Betrachtung solcher Werte ist jedoch zu bedenken, daß der Klumpungsindex von der Größe der Aufnahmeeinheit, in unserem Falle also 0,25 m^2 große Samenfänge, beeinflußt wird. Es entstehen besonders dann erhebliche Fehlermöglichkeiten, wenn die Aufnahmeeinheiten deutlich kleiner sind als die Klumpen.

Tabelle 17 zeigt uns, daß zwar fast immer eine Klumpung im oben beschriebenen Sinne festgestellt werden kann, jedoch liegen die Klumpungsindexe oft gar nicht besonders hoch. Das gilt jedenfalls dann, wenn man sich daran erinnert, daß die untersuchten Bestände schon von ihrer Ausgangslage her keine besonders ausgeprägte Gleichmäßigkeit der Samendichten erwarten lassen. Aufmerksamkeit verdient vor allem die Tatsache, daß die Klumpung und damit die Abweichung von einer zufälligen Verteilung bei hohen absoluten Dichten eher groß ist. Der allgemeine Eindruck einer verhältnismäßig großen Gleichmäßigkeit der Samendichten wird sich im übrigen bei der Betrachtung der später zu behandelnden optischen Verteilungsbilder bestätigen.

Die Ergebnisse der Überprüfung aller empirisch gefundenen Verteilungen auf den einzelnen Parzellen auf ihre Anpassung an theoretische Verteilungen hin sind in Tab. 18 dargestellt (Herleitung der Rechengänge und Rechenbeispiele, Anhang Nr. 3). Es geht daraus hervor, daß durchaus etliche der empirischen Verteilungen der Gauss-Verteilung

Parzelle Nr.	Fichte		Tanne		Buche		Ahorn	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977
1.0	1,7	21,5	1,8	0,7	1,2	8,0	1,3	3,6
1.1	2,4	2,6	1,3	1,0	2,9	4,4	0,8	4,4
1.2	5,5	40,9	4,0	2,1	0,9	11,0	1,0	1,5
1.3	1,5	1,3	0,9	1,1	-	1,0	1,1	0,8
1.4	3,7	7,9	1,9	1,1	2,1	30,5	1,2	1,9
2.0	5,0	11,9	1,4	1,1	-	5,0	-	1,1
2.1	7,3	11,6	0,9	2,9	-	8,9	0,9	1,0
2.2	1,3	3,1	2,0	1,5	1,3	1,7	0,7	1,3
2.3	3,1	2,2	0,9	1,2	0,9	1,0	1,4	7,7
2.4	4,0	4,3	1,4	1,1	-	11,9	1,2	2,1
3.0	1,9	43,7	1,3	1,0	1,3	9,4	1,4	1,3
3.2	1,2	7,9	2,8	0,8	0,9	3,5	1,2	2,6
4.0	10,6	9,3	1,6	0,8	-	12,9	-	3,4
4.2	2,0	24,4	3,3	1,1	-	3,2	-	1,1
5.0	6,6	12,8	2,1	1,2	1,5	37,9	0,8	0,8
5.2	1,1	1,9	0,7	0,8	1,2	3,0	3,0	2,8
6.0	1,7	32,1	5,1	2,7	1,8	11,1	1,0	7,1
6.2	1,2	3,4	2,3	2,4	-	12,1	1,5	2,2
8.4	29,4	27,1	1,1	1,1	-	-	-	0,9
9.4	18,3	20,6	0,6	1,3	-	-	-	1,0

Tab. 17: Zusammenstellung der Klumpungsindizes, die auf den einzelnen Versuchsparzellen ermittelt wurden.

	Normal-verteilung	Negative Binomial-verteilung	Poisson-verteilung	nicht angepaßt
Fichte 76	35	20	5	40
Fichte 77	10	40	0	50
Tanne 76	25	10	40	20
Tanne 77	0	0	50	50
Buche 77	10	5	0	85
Ahorn 77	10	20	35	35

Tab. 18: Die Häufigkeit - ausgedrückt in Prozent der möglichen Fälle - in der die ermittelten Verteilungen der Samen am Boden nach dem χ^2-Test an theoretische Verteilungen angepaßt werden.

folgen. Etwas häufiger sind die Fälle, in denen Anpassungen an negative bionomiale Verteilungen gegeben sind. Die Poisson-Verteilung bekommt immer dann besonderes Gewicht, wenn die Samendichten absolut niedrig liegen, wenn es sich also um die "Häufigkeit seltener Ereignisse" handelt. Und schließlich ist es äußerst wichtig, festzuhalten, daß es in allen Beobachtungsjahren und für alle Samenarten sehr viele Fälle gegeben hat, in denen überhaupt keine Beziehung zwischen empirischen und den drei hier untersuchten theoretischen Verteilungen festzustellen war. Das gilt in besonderem Maße für die Bucheckern. Ihr Vorkommen war so sehr von der Häufigkeit und Verteilung der wenigen Samenbäume dieser Art bestimmt, daß deren Schirmflächen wahrscheinlich die einzige bestimmende Größe auch für die Verteilung der Eckern sind.

Alle bisher mitgeteilten Ansätze, eine brauchbare Größe für die Art der Verteilung zu entwickeln, in der die Samen den Boden bedecken, haben nur unzureichende Resultate geliefert. Das ist nicht zuletzt deswegen so, weil sich viele Parzellen einer der gängigen Klassifizierungen überhaupt entziehen. Deshalb ist es für die Beurteilung des Verjüngungspotentials solcher Bestände am aufschlußreichsten, sich einen optischen Eindruck von den Verteilungen der Samen am Boden zu verschaffen. Das ist in der folgenden Serie von Darstellungen geschehen. Sie geben für jede Baumart typische Situationen wieder, und zwar jeweils mit einem Fall hoher Samendichte und einem zweiten sehr geringer. (Eine Zusammenstellung aller Ergebnisse dieser Art enthält Anhang Nr. 4.)

Die Betrachtung der Verteilung von Fichtensamen am Boden ist besonders aufschlußreich (Abb. 8). Die Parzelle mit der größten Samendichte zeigt einen Mindestwert von 450 und einen Höchstwert von 2 600 Samen je Quadratmeter. Darin äußert sich vom praktischen Gesichtspunkt her vor allem,daß ein ausreichendes Verjüngungspotential überall als gegeben angesehen werden kann. Die große Variationsbreite des Datenkollektivs mit etlichen besonders kleinen und drei - von dreißig! - deutlich größeren Werten erklärt den hohen Klumpungsgrad. Aus der Tatsache schließlich, daß die - graphisch dargestellte - Verteilung an keine der gebräuchlichen theoretischen Verteilungen anzupassen war, kann gefolgert werden, daß auch "nicht ange-

Parzelle 3.0 Fichtensamen 1977/78

876	812	596	720	788	592
804	732	952	904	1592	648
760	776	968	2580	692	628
928	824	1248	952	536	444
864	748	880	964	680	604

$\bar{x}$ = 870 Samen/m²

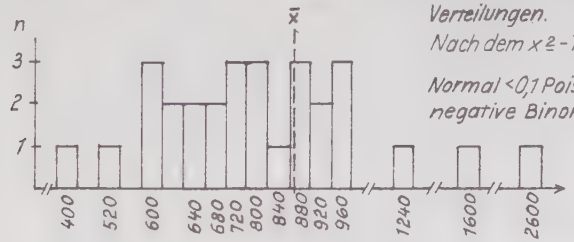
V = 45 %

$S_{\bar{x}\%}$ = 8 %

q = 43,7

Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem χ^2-Test (%)

Normal < 0,1 Poisson < 0,1
negative Binomial < 0,1



Parzelle 1.3 Fichtensamen 1977/78

12	8	20	24	8	12
20	8	8	24	20	20
0	8	12	12	8	36
12	28	20	16	40	24
24	16	0	24	16	12

$\bar{x}$ = 16,4 Samen/m²

V = 57 %

$S_{\bar{x}\%}$ = 10 %

q = 1,32

Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem χ^2-Test (%)

Normal 40; Poisson 60;
negative Binomial 70;

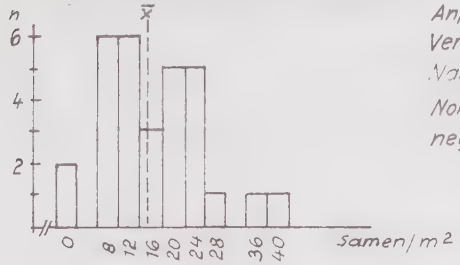


Abb. 8: Die Verteilung der Fichtensamen am Boden (Stück/m^2), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

paßte" Verteilungen keinesfalls ein unzureichendes Verjüngungspotential bedeuten. Die Anpassung oder auch Nichtanpassung ist vor allem wichtig für statistische Operationen, die mit einem gegebenen Material ausgeführt werden sollen. Eine wirkliche Überraschung stellt der Befund von dem Kahlschlag (Parzelle Nr. 1.3) dar. Auch dort wurde bei einer Dichte von 16 Fichtensamen je Quadratmeter eine bemerkenswerte Gleichmäßigkeit der Verteilungen festgestellt. Nur zwei Fangkästen blieben ganz ohne Samen, ansonsten schwanken die Werte zwischen 8 und 40 Stück je m^2. Der Klumpungsindex liegt sehr niedrig, so daß von daher bereits mit einem der Zufälligkeit nahekommenden Verteilungsmuster zu rechnen ist. Dem entspricht durchaus der Befund, daß die tatsächliche Verteilung auch gut durch die Poisson-Verteilung zum Ausdruck gebracht werden kann, wenn auch die beste Anpassung durch die Negativ-Binomial-Verteilung erreicht wird.

Die Verteilung der Tannensamen ist ebenfalls an zwei Beispielen illustriert (Abb. 9), der Parzelle nämlich mit den höchsten Dichten und derjenigen, auf der nur sehr wenige Samen gefallen sind. Auf der dicht besamten Parzelle kann von einer überraschenden Gleichmäßigkeit gesprochen werden; die Variationsbreite hat einen Bereich, der nicht einmal dem Dreifachen der geringsten Dichte entspricht. Geringe Standardabweichungen und ein niedriger Klumpungsindex lassen bereits das vermuten, was der Verteilungstest beweist: es handelt sich um eine ziemlich streng zufällige Verteilung, die der GAUSSschen Glockenkurve bemerkenswert gut folgt.

Auf der Kahlfläche waren ungleich weniger Samen gefallen als im oben beschriebenen Bestand; die Dichten verhalten sich wie 1 : 23. Keineswegs überall kamen Tannensamen an den Boden. Deren Verteilung war jedoch ganz und gar zufällig, das kommt in der guten Anpassung der empirischen an die Poisson-Verteilung zum Ausdruck. Allerdings ließe sie sich auch recht genau als negativ-binomial charakterisieren.

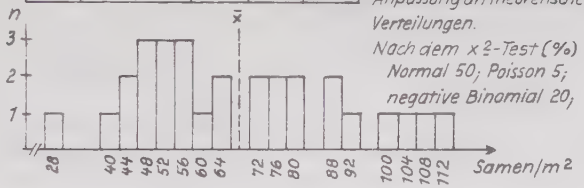
Die Bucheckern sind von allen Samenarten am wenigsten gleichmäßig verteilt. Auf der Fläche mit den meisten Eckern, 6.0 (Abb. 10), hat sich eine Variationsbreite eingestellt, die mehr als das Zehnfache des kleinsten Wertes beträgt. Eine beachtliche Klumpung der Werte

Parzelle 1.0 Tannensamen 1976/77

56	52	76	100	76	80
60	108	64	88	112	52
88	104	56	80	72	48
40	76	92	48	56	64
48	52	44	44	80	28

$\bar{x}$ = 68 Samen/m²
V = 32 %
$S_{\bar{x}}$% = 6 %
q = 1,8

Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem x²-Test (%)
Normal 50; Poisson 5;
negative Binomial 20;



Parzelle 1.3 Tannensamen 1976/77

0	8	0	4	0	4
8	4	4	0	4	0
0	4	4	0	4	8
4	0	0	0	8	0
12	0	4	4	0	0

$\bar{x}$ = 3 Samen/m²
V = 113 %
$S_{\bar{x}}$% = 21 %
q = 0,93

Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem x²-Test (%)

Normal 2; Poisson 80; negative Binomial 80;

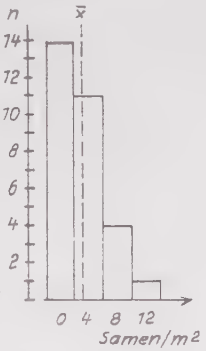


Abb. 9: Die Verteilung der Tannensamen am Boden (Stück/m^2), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

Parzelle 6.0 Bucheckern 1977/78

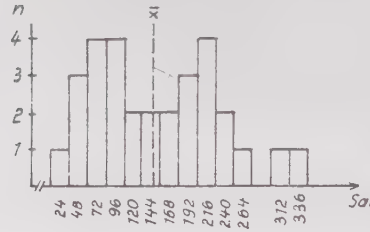
208	112	44	28	36	68
248	118	76	56	100	164
240	220	132	96	188	72
92	144	212	256	180	84
68	160	324	300	212	124

$\bar{x}$ = 147,7 Samen/m²

V = 55 %

$S_{\bar{x}\%}$ 10 %

q = 11,1



Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem χ^2-Test (%)

Normal 10; Poisson < 0,1
negative Binomial < 0,1

Parzelle 3.2 Bucheckern 1977/78

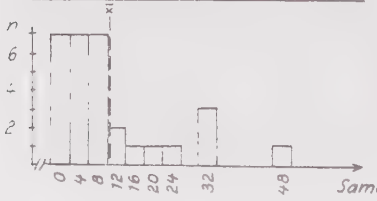
4	32	8	32	0	0
8	32	8	8	0	24
12	48	8	8	4	0
4	32	20	0	4	0
4	4	8	12	0	4

$\bar{x}$ = 10,4 Samen/m²

V = 116 %

$S_{\bar{x}\%}$ = 21 %

q = 3,5



Anpassung an theoretische Verteilungen.
Nach dem χ^2-Test (%)
Es ergab sich keine Anpassung an eine der geprüften theoretischen Verteilungen

Abb. 10: Die Verteilung der Bucheckern am Boden (Stück/m²), die zugehörigen statistischen Kernwerte, ihre Häufigkeitsverteilung und die Ergebnisse der Anpassungsteste an theoretische Verteilungen, dargestellt am Beispiel der Parzelle mit den höchsten und mit den geringsten Dichten.

ist selbst auf dieser Fläche mit einem hohen Anteil fruktifizierender Buchen im aufstockenden Bestand durch die enge Bindung der Dichten an deren Schirmflächen zu erwarten und auch eingetreten. Die abgebildete empirische Verteilung ist deutlich zweigipflig und eher schwach an die theoretische Normalverteilung angepaßt.

Auf der Parzelle 3.2, auf der besonders wenig Eckern gefunden wurden, ist dagegen die Heterogenität der Verteilung schon optisch ins Auge fallend. Einer ganz auffälligen Häufung hoher Dichten im linken Teil der Abbildung, der der Überschirmung durch fruktifizierende Buchenkronen entspricht, stehen geringe Werte und viele Fänge ohne Eckern im rechten Teil gegenüber. Es verwundert danach wenig, daß diese tatsächliche Verteilung nicht durch eine der theoretischen erklärbar war.

4.4 Die keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen

4.41 Die Samendichten

So wichtig die Ermittlung der Zahl aller auf den Versuchsparzellen gefallenen Samen für die Beschreibung der Fruktifikationsvorgänge sein mag, so wenig sagt diese Größe über das Verjüngungspotential aus, das darin enthalten ist. Dazu ist es nötig, die Menge der keimfähigen Samen zu kennen, also solcher, die einen lebensfähigen Embryo enthalten. Keimprüfungen (vgl. Kap. 4.13), die an den Samen aus den Fangkästen ausgeführt wurden, ergaben den nötigen Aufschluß darüber. Da die Keimprüfungen jedoch nicht kastenweise vorgenommen werden konnten, sondern an Stichproben ausgeführt wurden, die für jeweils eine ganze Parzelle repräsentativ waren, steht nur ein mittlerer Dichtewert je Parzelle zur Verfügung. Er ist das Ergebnis der Multiplikation des mittleren Dichtewertes für die Gesamtzahl der Samen mit dem Keimprozent.

Wenn angenommen werden kann - und es gibt gute Gründe dafür (s.Kap. 4.8) -, daß die Keimprozente innerhalb jeder einzelnen Parzelle - also von Samenfang zu Samenfang - nicht sehr stark schwankten, so ist der Schluß möglich, daß sich die Verteilung der keimfähigen Samen am Boden nicht sehr wesentlich von der unterscheidet, die für die Gesamtzahl der Samen festgestellt und beschrieben worden war (s.

Kap. 4.3). Die Versuchsmethodik erlaubt in dieser Beziehung keine weitergehenden Interpretationen (auf den etwas anderen Sachverhalt auf den Femelflächen wird in Kap. 4.8 eingegangen werden). In jedem Fall sind es die so hergeleiteten und in Tabelle 19 mitgeteilten Dichtewerte, auf die sich später anschließende Untersuchungen über die weitere Entwicklung der Verjüngung werden beziehen müssen.

Die dort aufgeführten Werte zeigen, vergleicht man sie mit der Tabelle 14 von Seite 34, daß das in der gesamten Samenmenge enthaltene Verjüngungspotential eher gering ist, ja für einige Baumarten, wie Tanne und Ahorn, sogar nur als spärlich bezeichnet werden kann. Diese zunächst allgemeine Aussage bedarf allerdings der Differenzierung.

Durchaus beachtliche Mengen keimfähiger Samen hat im Beobachtungszeitraum die Fichte produziert, und zwar in Größenordnungen, die auf einigen Parzellen über 200 Stück pro Quadratmeter liegen; in einem Fall (Parzelle 5.0) wird sogar eine Dichte von 400 pro Quadratmeter erreicht. Besonders bemerkenswert ist wieder der Befund für die Kahlflächen, auf denen, nimmt man beide Jahre zusammen, immerhin noch 11 und 25 Samen pro Quadratmeter an den Boden gelangten. Wenn man einmal von den Kahlflächenwerten absieht, so kann zur Fichte gesagt werden, daß auf allen Parzellen genügend keimfähige Samen gefallen sind, um - bei Vorliegen günstiger Keim- und Entwicklungsbedingungen - eine ausreichende Verjüngung zu sichern.

Alle anderen Baumarten haben im Untersuchungszeitraum sehr viel geringere Mengen keimfähiger Samen produziert als die Fichte. Die Tanne brachte es im Jahr 1976 auf 1 bis knapp über 20 Stück je Quadratmeter. In ähnlichen Größenordnungen bewegt sich der Befund über die Ahornfrüchte, mit dem Unterschied allerdings, daß 1977 das bessere Samenjahr war. Das Mastjahr 1977 der Buche erbrachte auf einigen Parzellen beachtliche Eckerndichten, wobei die unbehandelte Parzelle auf dem Südhang (6.0) alle anderen erheblich überflügelte.

Parz Nr.	Fichte		Tanne		Buche	Ahorn		Sonstige		Summen		
	76	77	76	77	77	76	77	76	77	76	77	76+ 77
1.0	9,1	82,5	23,6	0,4	22,4	0,4	16,3	0	0	33	122	155
1.1	44,8	75,6	5,5	0	13,7	0,3	6,8	0	0	51	96	147
1.2	25,5	51,9	16,4	0,1	16,4	0	2,5	0	0	42	71	113
1.3	5,1	6,0	1,1	0	0,1	0,4	0,8	0	0	7	7	14
1.4	14,1	25,1	2,7	0,1	22,7	0	8,8	0	0	17	57	74
2.0	24,0	62,5	2,1	0	9,6	0	0,5	0	0	26	73	99
2.1	27,5	56,8	2,8	0,7	7,2	0	1,5	0	3,3	30	70	100
2.2	12,8	43,3	9,2	0	5,7	0,7	10,1	1,0	0	24	59	83
2.3	9,1	15,9	0,3	0,1	0,1	0,8	7,5	2,0	0	12	24	36
2.4	27,5	77,7	1,2	0	7,6	0,1	2,7	0	0	29	88	117
3.0	27,3	215,2	3,2	0	16,8	0	0,5	0	0	30	233	263
3.2	37,6	102,1	5,6	0,3	5,5	0,3	1,1	0	0	44	109	153
4.0	41,8	21,0	2,0	0	29,6	0	4,4	0,8	0	45	55	100
4.2	21,2	27,2	1,2	0	6,0	0	1,9	0,4	0,8	23	36	59
5.0	23,0	372,8	2,1	0	22,0	0,1	4,1	0	0	25	399	424
5.2	7,3	134,3	0,4	0	25,2	5,3	25,6	0	0	13	185	198
6.0	15,7	84,8	19,5	1,1	72,3	0,1	26,1	0	0	35	184	219
6.2	11,3	70,7	9,3	2,4	24,8	0	7,9	0	0	21	106	127
7.2	70,1	94,7	8,9	0,5	1,5	0,1	0,5	0	0	79	97	176
8.4	285,9	21,1	0	0,5	0	0	0,3	0	0	286	22	308
9.4	182,1	27,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0	182	28	210

Tab. 19: Die Dichten der keimfähigen Samen und der lebensfähigen Früchte, Stück pro Quadratmeter. (Die Werte ergeben sich aus der Multiplikation der mittleren Dichtewerte je Parzelle aus Tab. 14 mit dem Keimprozent.)

Werden die Summen aller keimfähigen Samen - unabhängig von der Baumart - zusammen betrachtet, so ergibt sich für den durch kein spektakuläres Samenjahr gekennzeichneten Beobachtungszeitraum ein überraschend großes Verjüngungspotential. Selbst auf den Kahlflächen, also deutlich außerhalb des geschlossenen Bestandes, wurden

noch 14 bzw. 36 Samen pro Quadratmeter festgestellt. Und auf den Parzellen, die im Altholzbereich liegen, waren es zwischen 59 und 424 pro Quadratmeter, bei ganz erheblichem Überwiegen der Fichtensamen. Einen guten optischen Eindruck dieses Sachverhalts vermitteln die Abbildungen 11 und 12.

4.42 Die Samendichte beeinflussende Faktoren

Die Resultate der Samenzählungen wurden auf zwei Aspekte hin varianzanalytisch ausgewertet, und zwar genau wie im Falle der Samengesamtzahl (s. Kap. 4.2) einmal im Hinblick auf den möglichen Einfluß unterschiedlicher Beschirmungsdichten und zum anderen auf den der unterschiedlichen Standorte der Versuchsflächen (s. Anhang Nr. 5).

Bezüglich des Überschirmungseffektes zeigte sich dabei, daß, mit einer Ausnahme, die Streuungen der Einzelwerte ungerichtet durch die Versuchsfaktoren so groß waren, daß Signifikanz im statistischen Sinne nicht nachgewiesen werden konnte. Zur Interpretation dieses Befundes ist allerdings auch wieder zu erwähnen, daß die Zahl der Versuchsglieder und damit die der Freiheitsgrade sehr niedrig lag. Gegenüber dem Gewicht der ungerichteten Streuung der Einzelwerte kommt dem allerdings nur untergeordnete Bedeutung zu. Ein ganz ähnliches Resultat ergab sich, mit der gleichen Ausnahme, bei einer Anordnung des Zahlenmaterials nach Versuchsflächen: Unterschiede traten nicht zutage.

Die erwähnten Ausnahmen stellen die keimfähigen Fichtensamen im Jahr 1977 dar, der Baumart und dem Jahr mit der weitaus stärksten Fruktifikation also (Tab. 19). Zieht man die Werte dieses Jahres von der Hauptversuchsfläche zur Überprüfung des Einflusses der Überschirmung auf die Samendichte heran, so wird erkennbar, daß ein solcher sich deutlich manifestiert (Tab. 20). Erwartungsgemäß bildet sich ein Dichtegradient heraus, der mit geringen Werten auf der Kahlfläche beginnt, fast fünfmal höhere auf den stark aufgelichteten Parzellen erreicht und mit nochmals höheren auf den schwach aufgelichteten bzw. unbehandelten endet, wobei letztere sich nicht mehr sicher auseinanderhalten lassen.

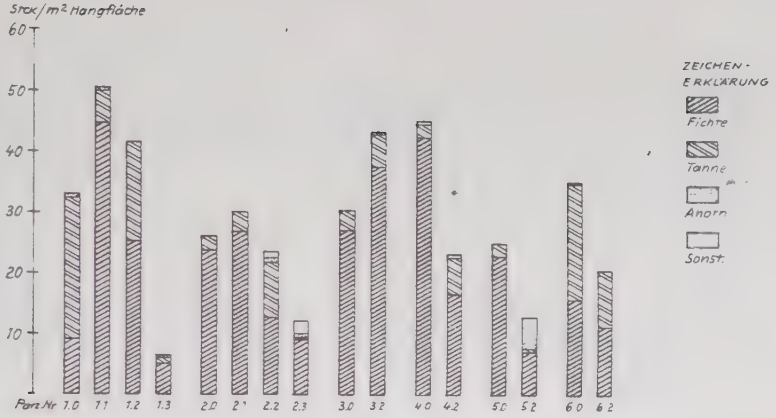


Abb. 11: Die Dichten der keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen auf den Versuchsparzellen, Samenjahr 1976.

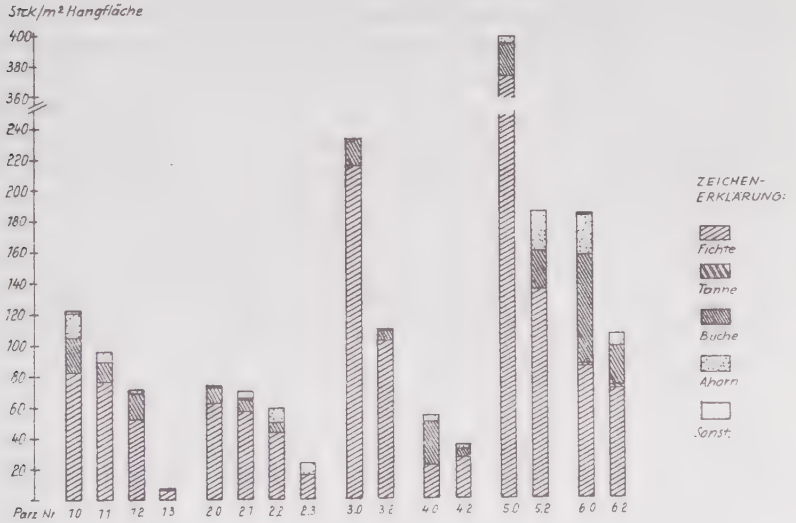


Abb. 12: Die Dichten der keimfähigen bzw. lebensfähigen Samen auf den Versuchsparzellen, Samenjahr 1977.

Samen/m^2	10,9	47,6	66,2	72,5
Art des Eingriffs	Kahlhieb	starker Schirmhieb	schwacher Schirmhieb	Kontrolle
st. Schirmhieb	x	-	x	x
schw. Schirmhieb	xx	x	-	n.s.
Kontrolle	xx	x	n.s.	-

Tab. 20: Einfluß waldbaulicher Eingriffe (Überschirmungsgrad) auf die Dichte der keimfähigen Fichtensamen im Samenjahr 1977. (DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse mit $\hat{F} > F_{0,05}$)

Für die Beurteilung des Standorteinflusses wurden die Flächenpaare "unbehandelt" und "starker Schirmhieb" von den Versuchsflächen 1 bis 6 herangezogen. Bei dieser Anordnung erscheint der Schirmeinfluß nicht mehr als differenzierende Größe, wohl aber ist eine deutliche Unterscheidung nach Versuchsflächen erkennbar. Die geringste Dichte der Fichtensamen fand sich auf der am höchsten gelegenen (1 200 m) Versuchsfläche. Auf den Parzellen der Hauptversuchs- und der Südfläche lagen die Werte etwa 3mal so hoch. Noch dichter mit Samen bedeckt war die tief gelegene Versuchsfläche (800 m), und die höchsten Werte überhaupt fanden sich auf der Nordfläche. Alle diese Flächen bzw. Flächengruppen unterschieden sich signifikant (Tab. 21). Deshalb kann der Schluß gezogen werden, daß das Verjüngungspotential - bedeutsam für nachfolgende Betrachtungen der Keimung und Pflanzenentwicklung - auf den wichtigsten Flächengruppen für die Fichte beachtliche Unterschiede aufwies.

Es muß jedoch weiter gefragt werden, ob dieser Befund im wesentlichen auf die Unterschiedlichkeit der Zusammensetzung der Altbestände zurückzuführen ist, oder ob er seinen Ursprung in unterschiedlichen

Samen/m^2	24,1	57,2	62,9	77,7	158,7	253,5
Versuchsfläche	1 200 m	HVF(2)	HVF(1)	Süd	800 m'	Nord
HVF(2)	x	-	n.s.	n.s.	x	x
HVF(1)	x	n.s.	-	n.s.	x	x
Süd	x	n.s.	n.s.	-	n.s.	x
800 m	xx	x	x	n.s.	-	n.s.
Nord	xx	x	x	x	n.s.	-

Tab. 21: Einfluß des Standortes auf die Dichte der keimfähigen Fichtensamen im Samenjahr 1977.
(DUNCAN-Test nach vorausgegangener Varianzanalyse mit $\hat{F} > F_{0,01}$).

Fruktifikationsverhalten hat. Tabelle 22 enthält deshalb eine Zusammenstellung der Ergebnisse bezogen auf Zahl und Grundfläche der Bäume der Oberschicht je Parzelle. Sie läßt, zusammen mit den Resultaten der Varianzanalysen, erkennen, daß - selbst für den Fall der Fichte im Jahr 1977 gilt das, in dem Differenzierungen nach Überschirmungsgraden und Versuchsflächen für die absoluten Dichtewerte statistisch nachweisbar waren - keine Unterschiede herausgerechnet werden konnten. Das Fazit muß daher lauten: Verschiedenheiten in der Samendichte auf den einzelnen Parzellen waren nicht, oder zumindest nicht in erster Linie, das Ergebnis unterschiedlichen Fruktifikationsverhaltens der Altbestände, vielmehr sind sie vor allem auf unterschiedliche Häufigkeiten der Samenbäume in den Altbeständen der jeweiligen Parzellen zurückzuführen.

4.5 Keimfähigkeit bzw. Lebensfähigkeit der Samen

Für die Betrachtung der Verjüngungsvorgänge ist es vor allem wichtig, die Dichten zu kennen und die Verteilungen, in denen die keimfähigen Samen an den Boden gelangen. Diese Informationen sind im vorangehenden Kapitel mitgeteilt worden. Für die Untersuchung der Fruktifikationsvorgänge ist es darüber hinaus aber auch bedeutsam,

Parzelle Nr.	Früchte						Tanne			
	NO/ha	Samen je BO Stück		GO	Samen je m^2 GO 100 Stück		NO/ha	Samen je BO Stück	GO	Samen je m^2 GO 100 Stück
	Stück	1976	1977	m^2/ha	1976	1977	Stück	1976	m^2/ha	1976
1.0	147	618	5 617	12,4	73	664	10	2 332	8,3	284
1.1	101	4 438	7 485	9,3	482	813	73	750	7,7	71
1.2	64	3 985	8 300	7,4	345	701	37	4 429	5,2	313
2.0	165	1 456	3 794	10,7	225	585	37	577	2,4	90
2.1	147	1 870	3 871	9,1	300	622	64	437	4,8	57
2.2	28	4 577	15 462	2,5	526	1 744	73	1 263	10,7	86
3.0	349	783	6 158	25,1	77	613	9	3 562	0,9	376
3.2	101	3 722	10 406	10,2	363	999	28	1 397	3,4	164
4.0	55	1 246	3 468	8,0	986	224	28	715	4,0	44
4.2	64	3 236	4 136	8,6	242	310	18	665	2,0	57
5.0	358	640	10 403	30,4	75	1 225	18	1 183	1,4	136
5.2	110	665	12 192	11,2	65	1 202	9	444	1,4	29
6.0	55	2 359	15 418	7,2	218	1 178	33	2 343	9,1	212
6.2	37	823	7 300	8,5	133	830	46	2 329	4,8	205

Parzelle Nr.	Buche				Ahorn			
	NO/ha	Samen je BO Stück	GO	Samen je m^2 GO 100 Stück	NO/ha	Samen je BO Stück	GO	Samen je m^2 GO 100 Stück
	Stück	1977	m^2/ha	1977	Stück	1977	m^2/ha	1977
1.0	129	1 735	5,0	444	55	2 963	2,3	704
1.1	28	4 910	1,5	909	0	0	0	0
1.2	55	2 983	3,7	438	28	906	1,9	132
2.0	165	581	6,1	156	0	0	0	0
2.1	37	1 914	1,4	491	9	1 632	0,7	225
2.2	46	1 244	2,4	233	0	-	0	-
3.0	37	4 544	1,4	1 214	0	-	0	-
3.2	46	1 187	2,0	270	0	-	0	-
4.0	91	7 214	4,3	682	0	-	0	-
4.2	37	3 617	1,7	347	0	-	0	-
5.0	92	2 390	4,5	494	0	-	0	-
5.2	37	6 799	3,0	843	9	28 482	1,4	1 987
6.0	101	7 154	7,1	1 013	28	9 322	0,9	2 951
6.2	46	5 392	2,1	150	18	4 358	1,1	710

Tab. 22: Die Dichten keimfähiger Samen bzw. Früchte je Baum der Oberschicht und je Quadratmeter Grundfläche der Bäume der Oberschicht. Durch Varianzanalysen ließen sich keine Unterschiede zwischen den Werten absichern, gleichgültig ob sie nach Beschirmungsintensitäten oder nach Versuchsflächen geordnet worden waren.

NO = Anzahl der Bäume der Oberschicht
GO = Grundfläche der Bäume der Oberschicht
BO = Baum der Oberschicht

den Anteil der keimfähigen Samen an der Gesamtzahl der Samen zu berechnen und zu analysieren. Das wird im vorliegenden Abschnitt getrennt nach Baumarten getan werden.

Als Grundinformation sind in Tab. 23 die Keimprozente für alle Baumarten und Parzellen mitgeteilt.

Parzelle Nr.	Fichte		Tanne		Buche +)	Ahorn +)	
	1976	1977	1976	1977	1977	1976	1977
1.0	36	32	35	8	42	11	35
1.1	45	36	31	0	48	33	40
1.2	30	23	32	2	46	0	15
1.3	40	37	36	0	50	38	43
1.4	28	28	25	4	28	0	44
2.0	34	38	27	0	46	0	33
2.1	37	35	20	5	43	0	29
2.2	36	36	27	0	52	17	44
2.3	35	40	20	17	50	32	37
2.4	32	44	19	0	28	13	32
3.0	25	25	23	0	34	0	40
3.2	38	30	20	8	53	40	22
4.0	29	15	29	0	50	0	38
4.2	32	14	19	0	45	0	37
5.0	24	46	18	0	36	9	48
5.2	29	50	14	0	47	25	30
6.0	31	29	34	14	49	6	47
6.2	38	33	32	15	54	0	33
7.2	30	20	29	5	62	14	45
8.4	42	18	0	9	0	60	0
9.4	46	22	15	17	0	0	0

Tab. 23: Die Keimprozente (prozentualer Anteil keimfähiger Samen an der gesamten Samenzahl).

+) mit Tetrazoliumtest bestimmt

4.51 Fichtensamen

Der prozentuale Anteil der keimfähigen Fichtensamen an der Gesamtzahl ist, nach Parzellen und Jahr aufgegliedert, in Tab. 23 und Abb. 13 dargestellt. Daraus läßt sich erkennen, daß Keimprozente zwischen 30 % und 40 % vorherrschen. Der Schwankungsbereich zwischen den einzelnen Parzellen betrug im Jahr 1976 von 24 bis 45 % und 1977 von 14 bis 50 %.

Das geringe Keimprozent war in erster Linie auf den hohen Anteil von Hohlkörnern zurückzuführen, auf Samenanlagen also, die keine Embryos entwickelt hatten. Ein geringer Prozentsatz - 2 bis 4 % - an Samen ging durch Insektenbefall verloren, und zwar überwiegend durch Fichtensamengallmücken (P l e m e l i e l l a a b i e t i n a SEITNER) und Fichtensamenwespen (M e g a s t i g n u s s t r o b i l o b i u s , RATZ). In sehr geringem Umfang - unter 1 % - wurden faule oder anomal gekeimte Samen auf einigen Parzellen registriert.

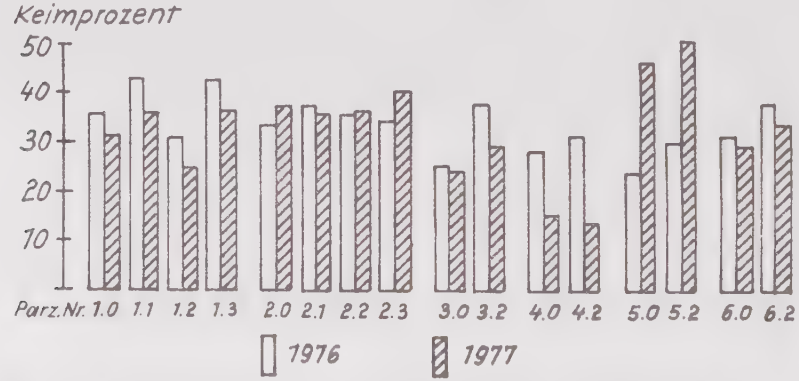


Abb. 13: Prozentualer Anteil der keimfähigen Fichtensamen an der Gesamtzahl der gefallenen Samen (Keimprozent).

Die einfachste Möglichkeit einer Interpretation dieser Befunde hätte sich ergeben, wenn eine enge Beziehung zwischen den prozentualen Anteil der keimfähigen Samen und der Samendichte auf den einzelnen Parzellen herleitbar gewesen wäre. Die Korrelationsanalyse bestätigte einen solchen Zusammenhang zwischen den beiden Größen jedoch nicht. Gleichgültig, ob man die Jahre getrennt oder zusammengefaßt betrachtet, oder ob man die gefundenen Werte nach waldbaulichen Behandlungen stratifiziert, die jeweilige Korrelation erreichte in keinem Fall Signifikanz. Das bedeutet, daß die gesamte Variation der Keimprozente auf andere Ursachen zurückzuführen sein muß. Für praktische Zwecke folgt daraus, daß es auch nicht annähernd möglich ist, aus der Samendichte der Fichte auf deren Keimfähigkeit zu schließen. Diese Aussage gilt allerdings nur für Samenjahre wie die beiden beobachteten, in denen auch auf den Parzellen mit hohen Dichtewerten der Standard einer "geringen Ernte" (s. Kap. 3.21) nicht überschritten wurde.

Auch wenn die Befunde von den einzelnen Parzellen nach den Faktoren "waldbauliche Behandlung" geordnet analysiert werden, zeigt sich nur, daß signifikante Unterschiede nicht auftreten (Tab. 24). Es kann danach der Schluß gezogen werden, daß das Keimprozent der Fichte auf den unterschiedlich überschirmten Parzellen einheitlich im statistischen Sinne war. Besonders bemerkenswert in dem Zusammenhang ist die Tatsache, daß die auf den Kahlflächen gefundenen Samen dabei keineswegs eine Ausnahme machen. Alle dort erfaßten Samen müssen eine erhebliche Flugdistanz durchmessen haben, so daß ein Selektionseffekt zugunsten der meist leichteren nicht keimfähigen Samen zu erwarten gewesen wäre. Ein solcher ist aber nicht eingetreten.

Werden die Befunde nach Versuchsflächen geordnet (Tab. 25), so ist für das Jahr 1976 auch wieder keine Differenzierung von statistisch signifikanter Größenordnung nachweisbar. Im Samenjahr 1977 dagegen ist eine solche eingetreten: Die am höchsten gelegene Versuchsfläche mit den geringsten und die Nordfläche mit den höchsten Keimprozenten unterscheiden sich signifikant von allen übrigen. Eine eindeutige kausale Erklärung dafür kann nicht gegeben werden. Immerhin ist es bemerkenswert, daß auch auf den hoch gelegenen Versuchsflächen Nr. 8 und 9, die aus methodischen Gründen nicht in die statistische Ana-

Waldbauliche Behandlung	Gesamtversuch (6 Parzellen je Behandlung)			Hauptversuchsfläche (2 Parzellen je Behandlung)		
	1976	1977	1976 + 77	1976	1977	1976 + 77
unbehandelt	30	30	30	35	35	35
schwacher Schirmhieb	-	-	-	41	36	38
starker Schirmhieb	33	32	32	33	29	31
Kahlschlag	-	-	-	37	38	38

Tab. 24: Durchschnittliche Keimprozente der Fichtensamen auf den waldbaulich verschieden behandleten Parzellen. Unterschiede zwischen den Werten sind als zufällig anzusehen, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.

Versuchs-fläche Nr.	Keimprozent 1976	Versuchs-fläche Nr.	Keimprozent 1977	Versuchs-fläche Nr.	Keimprozent 1976 + 1977
5	27	4	14	4	22
4	30	3	27	3	29
3	31	2	30	2	31
2	32	6	31	6	33
6	34	1	34	1	35
1	36	5	48	5	37

Tab. 25: Durchschnittliche Keimprozente der Fichtensamen auf den einzelnen Versuchsflächen (durch Linien verbundene Werte unterscheiden sich statistisch nicht).

lyse einbezogen werden konnten (Femelhiebe in 1200 m), ähnlich geringe Keimprozente ermittelt wurden, wodurch immerhin die Vermutung zulässig erscheint, daß auf den Flächen in großen Höhen Faktoren wirksam waren, die die Keimkraft beeinträchtigten (s. Tab. 23). Gewisse Hinweise dazu sind den Publikationen von SARVAS

(1955, 1957) und EIDE (1930) zu entnehmen. Darin wird darauf hingewiesen, daß gelegentlich zu beobachtende regionale Unterschiede in der Keimfähigkeit der Fichtensamen vor allem auf die Witterungsverhältnisse zur Zeit der Blüte und während der Samenreifung zurückzuführen sind. Die Zapfenzahlen sowie das Vorhandensein einer ausreichenden Menge männlicher Blüten spielen dagegen offenbar nur eine untergeordnete Rolle (vgl. ROHMEDER, 1972; S. 95 ff.). Im vorliegenden Fall könnte es daher sein, daß im Sommer 1976 die Witterung auf den einzelnen Versuchsflächen keine bedeutenden Unterschiede aufwies, dagegen im Sommer 1977 die Witterungsverhältnisse auf den in 1200 m ü.NN. besonders hoch gelegenen Versuchsflächen ungünstig und die auf der Versuchsfläche 5 überdurchschnittlich günstig für die Befruchtung und die Reifung der Samen gewesen sind. Für die Überprüfung dieser Aussagen liegt das entsprechende Datenmaterial allerdings nicht vor.

4.52 Tannensamen

Aus Tab. 23 und Abb. 14, in welchen die Ergebnisse der Keimprüfung für den gesamten Tannensamen des Jahres 1976 - dem einzigen nennenswerten Samenjahr - zusammengestellt sind, geht hervor, daß die Keimfähigkeit der Tannensamen aus dem Jahr 1976 zwischen 14 und 35 % schwankt.

Wie bei der Fichte waren es hauptsächlich Hohlkörner, die das Keimprozent so stark drückten. Viel häufiger als im Fall der Fichte kamen - und zwar auf allen Parzellen - faule Tannensamen vor, bis zu 10 % der untersuchten Samen zeigten diese Erscheinung. Von Insekten beschädigte Samen wurden nur auf einigen Parzellen registriert und erreichten auch dort nur etwa 2 % der Gesamtzahl.

Die Keimfähigkeit der Tannensamen aus dem Jahr 1977 war sehr gering, ein Befund, der allerdings nicht sehr bedeutsam ist, da ohnehin nur sehr wenige Samen fielen.

Als bemerkenswert ist jedoch zu vermelden, daß für die Tannensamen eine signifikante Korrelation zwischen dem Keimprozent und der Samendichte besteht, die sowohl für das Jahr 1976 als auch für 1977

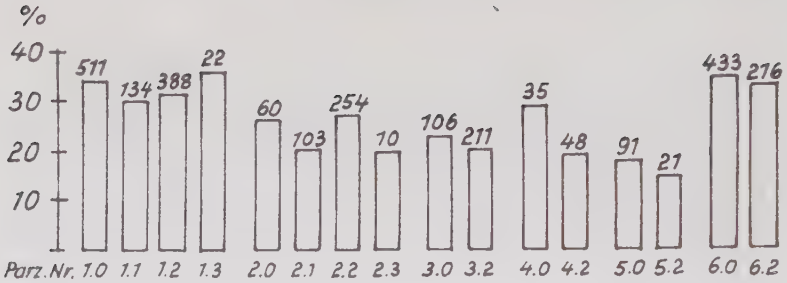


Abb. 14: Die Keimfähigkeit der Tannensamen, Versuchsjahr 1976. (Die Zahlen über den Säulen stehen für die Menge der untersuchten Samen.)

nachweisbar war (Tab. 26). Werden die Befunde beider Jahre gemeinsam betrachtet, so ergibt sich sogar eine hochsignifikante Beziehung mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,71. Danach kann gesagt werden, daß auf Parzellen mit geringer Samendichte die Keimfähigkeit der Samen im Durchschnitt niedriger lag als auf Parzellen mit größerer Samendichte.

Baumart und Jahr	Keimprozent	Signifikanz	R	B	c%	n
Tanne 2 Jahre	-3,123 + 20,05 log SD	+++	0,842	0,709	47	28
Tanne 1976	10,830 + 11,954 log SD	++	0,732	0,535	18	14
Tanne 1977	-1,435 + 9,614 log SD	++	0,690	0,476	111	14
Buche 2 Jahre	9,887 + 22,354 log SD	+++	0,905	0,819	35	24
Buche 1976	keine signifikante Korrelation				227	10
Buche 1977	keine signifikante Korrelation				127	14
Ahorn 2 Jahre	16,80 + 12,87 log SD	++	0,574	0,33	57	25
Ahorn 1976	keine signifikante Korrelation				113	11
Ahorn 1977	keine signifikante Korrelation				27	14

Tab. 26: Ergebnisse der Regressionsanalyse zur Bestimmung der Beziehung zwischen Keimprozent und Samendichte (SD).

Eine eingehendere Betrachtung der Abbildung 15, in der die errechneten Regressionslinien ausgezogen und die beobachteten Werte eingezeichnet worden sind, läßt erkennen, daß die Beziehung zwischen Keimprozent und Samendichte nur bei geringer Fruktifikation sehr ausgeprägt ist. Bei größerer Samenproduktion ist mit der Zunahme der Samendichte über Werte von etwa 20 oder 30 Stück/m^2 hinaus nur noch eine geringe Verbesserung der Keimfähigkeit verbunden. Dieser Zusammenhang wird besonders deutlich, wenn die Ergebnisse beider Jahre gemeinsam betrachtet werden, was allerdings von der Sache her kein sehr sinnvolles Vorgehen ist. Aber auch für jedes einzelne Jahr ist die Beziehung - wenn auch mit geringeren Bestimmtheitsmaßen - einigermaßen deutlich.

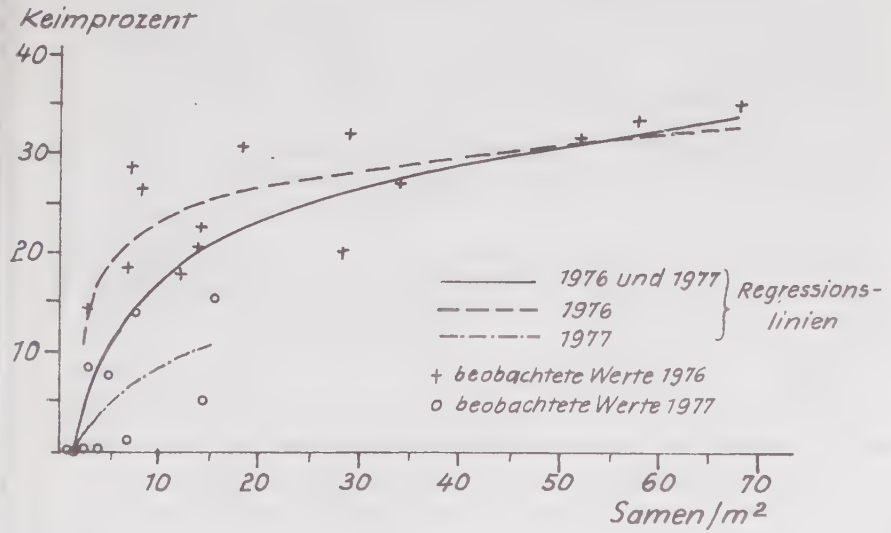


Abb. 15: Beziehungen zwischen Samendichte und Keimprozent für die Baumart Tanne.

Zur richtigen Einschätzung dieser Daten und der darauf aufbauenden Regressionsanalyse sei aber noch einmal auf den Umstand hingewiesen, daß geringe Dichten kleine absoluten Samenmengen je Parzelle bedingen. Dadurch waren die für die Keimprüfung zur Verfügung stehenden Samenmengen dann auch klein. Das Resultat bedarf daher in späteren Samenjahren - möglichst ergiebigeren - der Nachprüfung.

Varianzanalysen ergaben keinen Anhalt dafür, daß das Keimprozent vom Zustand des Altholzes nach waldbaulichen Eingriffen beeinflußt wird; Tab. 27 zeigt die entsprechenden Ergebnisse.

	Waldbauliche Behandlung			
	unbehandelt	Schirmhieb schwach	stark	Kahlschlag
Gesamtversuch	27	-	24	-
Hauptversuchsfläche	31	26	29	28

Tab. 27: Durchschnittliche Keimprozente der Tannensamen im Jahr 1976 auf den waldbaulich unterschiedlich behandelten Parzellen. (Varianzanalyse: $\hat{F} < F_{0,05}$)

Ganz andere Resultate ergeben sich jedoch, wenn die verschiedenen Versuchsflächen der Analyse zugrunde gelegt werden. Dann zeigt sich (Tab. 28), daß durchaus relevante Unterschiede zwischen Flächen mit geringen, mittleren und (relativ) höheren Keimprozenten der Tannensamen bestehen. Wie nach den vorher mitgeteilten Regressionsanalysen erwartet werden konnte, waren es die Parzellen mit niedrigen Dichten, die geringe Keimprozente aufwiesen und umgekehrt. Es ist daher eine bemerkenswerte Bestätigung des regressionsanalytischen Befundes, daß die Unterschiede von Fläche zu Fläche im statistischen Sinne verschwinden, wenn der Dichteeinfluß covarianzanalytisch ausgeschaltet wird, wie ebenfalls in Tab. 28 dargestellt worden ist.

Art der Analyse	Versuchsfläche					
	5	3	4	2	1	6
VAR	16	21	24*	29	31	33
COVAR	19	21	26	29	28	31

Tab. 28: Durchschnittliche Keimprozente der Tannensamen des Jahres 1976 auf den einzelnen Versuchsflächen (durch Linien verbundene Werte unterscheiden sich statistisch nicht.)

VAR = Varianzanalyse
COVAR = über die covariate Größe Samendichte mit Hilfe der Covarianzanalyse ausgeglichene Mittelwerte

4.53 Bucheckern

Die vereinzelten Buchenfrüchte des Jahres 1976 waren überwiegend taub oder von Insekten und Pilzen befallen. Sie brauchen hier deshalb nicht näher betrachtet zu werden. In dem Mastjahr 1977 fielen dann aber so zahlreiche Bucheckern, daß eine Qualitätsanalyse möglich und nötig war. Die wichtigsten Befunde sind in Tab. 23 und Abb. 16 dargestellt. Danach waren je nach Parzelle zwischen 34 und 54 % der Gesamtmenge lebensfähig. Die gesund erscheinenden, aber lebensunfähigen Eckern machten 1 - 8 % der Gesamtzahl aus. Weitere 1 - 5 % der Eckern waren von Insekten oder Pilzen befallen. Die wichtigste Ursache für Keimunfähigkeit war aber, wie im Falle von Fichte und Tanne, die fehlende Ausbildung eines Embryos.

Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wurde versucht, den gut bekannten Zusammenhang zwischen Keimprozent und Samendichte auch an diesem Material nachzuweisen. Die Ergebnisse sind in der Tab. 26 aufgeführt. Danach ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen Lebensfähigkeit und Samendichte, wenn die Ergebnisse für die beiden Versuchsjahre getrennt analysiert wurden. Erst durch Zusammenfassung

Abb. 16: Die prozentualen Anteile der lebensfähigen an der Gesamtzahl der gefallenen Eckern im Jahre 1977. Außerdem ist der Prozentsatz an Eckern aufgeführt, die einen Embryo ausgebildet hatten, der jedoch durch Fäule oder Insektenbefall zerstört worden war. (Die Zahlen über den Säulen stehen für die Menge der jeweils untersuchten Samen.)

der Befunde aus beiden Jahren ergab sich eine hochsignifikante Regression mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,9. Bei dieser Art des Vorgehens ist allerdings zu bedenken, daß zwei sehr unterschiedliche Samenjahre zusammengeworfen werden. Das Material besteht dadurch aus deutlich getrennten Teilmassen, die in verschiedenen Bereichen des Koordinatensystems liegen (Abb. 17). Für praktische Zwecke kann daraus immerhin gefolgert werden, daß bei sehr geringer Samenproduktion der Buchen (weniger als 5 Samen/m^2) fast ausschließlich Eckern ohne lebensfähigen Embryo fallen. Werden dagegen Eckerndichten von 10 Samen/m^2 und darüber erreicht, so steigt das Keimprozent auf etwa 50 an. Aus der Literatur ist dazu bekannt, daß der Anteil keimfähiger Samen bei ausgesprochenen Vollmasten mit wesentlich höheren Eckerndichten als sie hier vorkamen, noch beträchtlich weiter ansteigen und Werte bis zu 80 % erreichen kann (BURSCHEL, 1966)

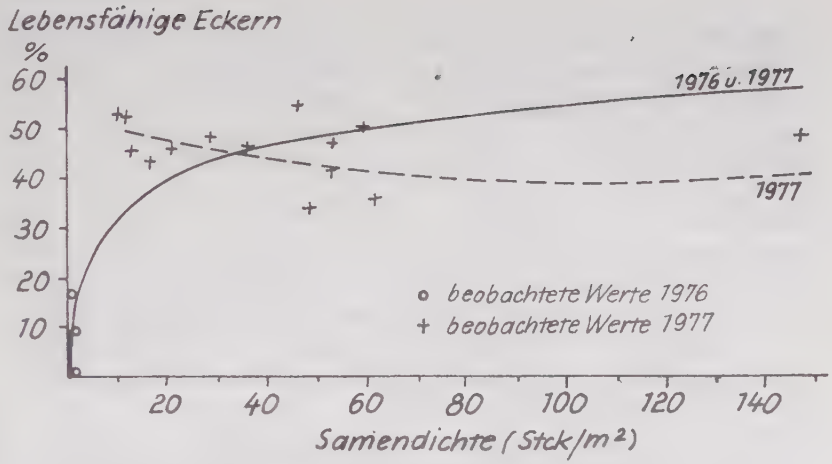


Abb. 17: Beziehungen zwischen Samendichte und Keimprozent+), Baumart: Buche. (Die ausgezogene Linie ist statistisch signifikant, die gestrichelte dagegen nicht.)

+) durch Tetrazoliumtest ermittelt

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Betrachtung des Einflusses der Überschirmung und der unterschiedlichen Versuchsflächen sind in den Tabellen 29 und 30 dargestellt. Es ist daraus zu ersehen, daß statistisch verläßliche Einwirkungen dieser beiden Größen nicht nachweisbar waren.

Allerdings muß dieser Befund im Hinblick auf den möglichen Einfluß des Kronenschlusses im Altbestand ein wenig relativiert werden. Sowohl beim Vergleich der Werte für unbehandelte und stark durchforstete Parzellen auf allen Versuchsflächen als auch bei der Betrachtung der Werte von den unterschiedlich stark aufgelichteten Parzellen auf der Hauptversuchsfläche wird eine Zunahme des Anteils lebensfähiger Eckern mit zunehmender Belichtung der Kronen des Einzelbaums deutlich. Denkbar erscheint es immerhin, daß waldbauliche Eingriffe, die zu einer Umlichtung der Samenbäume führen, auch bei geringen Masten, oder vielleicht gerade bei geringen, zu einer Erhöhung des

Waldbauliche Behandlung (Parzelle)	Gesamtversuch (6 Parzellen je Behandlung)		Hauptversuchsfläche (2 Parzellen je Behandlung)	
	Buche 1977	Ahorn 1977	Buche 1977	Ahorn 1977
unbehandelt	43	40	44	34
schwacher Schirmhieb	-	-	45	34
starker Schirmhieb	49	30	49	30
Kahlschlag	-	-	(ohne Eckern)	40

Tab. 29: Durchschnittlicher Anteil lebensfähiger Bucheckern und Ahornfrüchte auf den waldbaulich verschieden behandelten Parzellen. (Unterschiede zwischen den Werten sind als zufällig anzusehen, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.)

B U C H E		A H O R N	
Versuchsfläche	Lebensfähigkeit %	Versuchsfläche	Lebensfähigkeit %
5	41	2	24
3	43	3	31
2	46	4	37
4	47	5	39
1	47	1	39
6	52	6	40

Tab. 30: Durchschnittliche Lebensfähigkeit der Buchen- und Ahornfrüchte im Jahr 1977 auf den einzelnen Versuchsflächen. (Alle Unterschiede sind im statistischen Sinne als zufällig zu betrachten, da die Varianzanalysen keine signifikanten F-Werte erbrachten.)

Anteils der lebensfähigen Samen führen. Dieser Aspekt bedarf daher der weiteren Beobachtung.

4.54 Ahornfrüchte

Im Jahr 1976 fruktifizierten die Ahorne in äußerst geringem Umfange (Tab. 14). Der prozentuale Anteil der lebensfähigen Ahornfrüchte an der Gesamtzahl lag zwischen 0 - 40 % (Tab. 23). Diesem Befund kann jedoch keine große Bedeutung beigemessen werden, da insgesamt nur sehr wenige Früchte für die Analyse zur Verfügung standen.

Im folgenden Jahr, also 1977, fruktifizierte der Ahorn deutlich stärker (Tab. 14). In Abbildung 18 ist der prozentuale Anteil der vollen Ahornfrüchte, nach lebensfähigen und lebensunfähigen aufgegliedert, für dieses Jahr dargestellt.

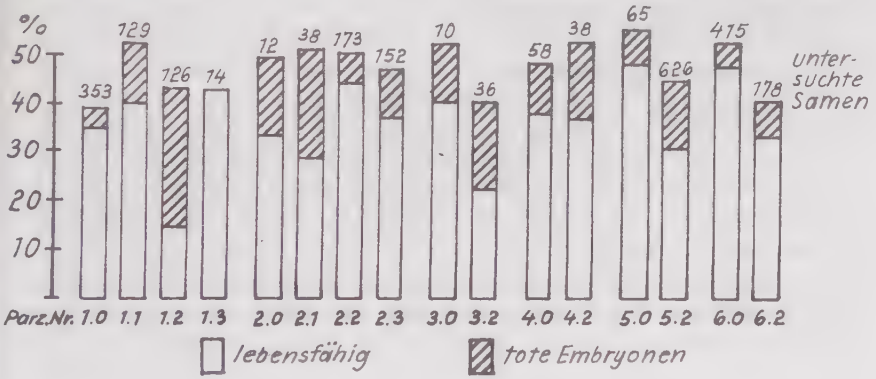


Abb. 18: Prozentualer Anteil der nach dem Tetrazoliumtest lebensfähigen und nicht lebensfähigen Früchte des Ahorns im Jahre 1977. Die Differenz zu 100 % wird durch Hohlkörner und - in geringem Umfang - durch insektengeschädigte Samen gebildet.

Zunächst fällt die starke Differenzierung der einzelnen Werte von Parzelle zu Parzelle auf. Die Lebensfähigkeit der Ahornsamen schwankt danach zwischen 15 und 47 %. Wichtigste Ausfallursache ist, wie bei allen anderen Baumarten, Hohlkörnigkeit. Der hohe Anteil an toten Samen, der von 4 - 28 % schwankte, kann nicht erklärt werden. Allerdinge können auch methodische Schwierigkeiten dafür teilweise ver-

antwortlich sein, da die Färbungen durch Tetrazolium nicht immer vollständig verlaufen, auch wenn die Früchte gesund sind, EICKE, 1977. Diese Überlegung - der im weiteren Versuchsverlauf nachgegangen werden sollte - bekommt deshalb zusätzliches Gewicht, weil die Unterschiedlichkeiten von Parzelle zu Parzelle sehr gering werden, wenn die "vollen" Früchte, gleichgültig ob lebensfähig oder nicht, betrachtet werden. Deren Prozentsatz liegt nämlich überraschend einheitlich zwischen 40 und 50 % der Gesamtzahl.

Wegen dieser methodischen Zweifel ist der Frage des Zusammenhangs zwischen Samendichte und -qualität nicht weiter nachgegangen worden (Tab. 26). Was den Einfluß von Kronendichte und Lage der Versuchsflächen angeht, so zeigen die Tab. 29 und 30, daß ein solcher in keinem Fall nachzuweisen war.

4.6 Der Verlauf des Samenfalls

4.61 Vorbemerkung

Die Leerung der Samenfänge erfolgte in relativ kurzen Intervallen, deren jeweilige Längen zudem der Intensität des Samen- und Streufalls angepaßt waren. Dadurch ist es möglich, recht genaue Aussagen über den Verlauf des Samenfalls zu machen. Die entsprechenden Befunde werden in der Folge nach Baumarten getrennt mitgeteilt. Und da die Keimfähigkeitsprüfungen nach den Leerungsterminen gesondert vorgenommen wurden, enthalten die Tabellen Resultate sowohl für die Gesamtzahlen als auch für die keimfähigen Samen bzw. Früchte allein.

Zur richtigen Interpretation der Ergebnisse sei noch eine methodische Überlegung angeführt. Wenn von relativ kurzen und der Intensität des Samenfalls angepaßten Aufnahmeintervallen die Rede war, so gilt das nicht für die Winterperiode. Während dieses im Beobachtungszeitraum jeweils ziemlich genau 5 Monate umfassenden Zeitraums konnten nämlich keine Leerungen der Samenfänge vorgenommen werden, da sich diese unter tiefem Schnee befanden. Von den Samen, die bei der ersten Aufnahme im Frühjahr (jeweils 15. März) gefunden wurden - für die meisten Baumarten sind das erhebliche Anteile an der Gesamtmenge - kann daher nicht genau angegeben werden, wann im Verlauf

des langen Winterintervalls sie tatsächlich auf den Boden bzw. auf den Schnee gelangten. Vielmehr können dazu nur, den Eigenarten der jeweiligen Samenart entsprechend, Vermutungen geäußert werden.

4.62 Die Fichtensamen

Die Befunde über das Fallen der Fichtensamen - richtiger wäre es, vom Ausfliegen zu reden - sind in den Tabellen Nr. 31 und 32 enthalten. Danach erwiesen sich die Samen dieser Baumart im Untersuchungsgebiet entweder als ausgesprochene Herbst- und Winter- oder als Winter- und Frühjahrsflieger, und zwar mit deutlichen Unterschieden sowohl von Jahr zu Jahr als auch von Parzelle zu Parzelle. Das wird besonders klar, wenn die Zusammenstellungen in den Tabellen 33 und 34 mit zur Betrachtung herangezogen werden, in denen die Befunde auf die Zeiträume Herbst, Winter und Frühjahr/Sommer zusammengefaßt worden sind. Im Samenjahr 1976 fiel ein sehr großer Anteil der Samen bereits im Herbst und erhebliche, oft die größten Mengen folgten im Winter nach, während im Frühjahr nur noch geringere Mengen an den Boden gelangten. Der Grund für dieses Verhalten ist wahrscheinlich auf die Trockenheit des Sommers und Herbstes 1976 zurückzuführen, durch die die Zapfen schon sehr früh einen Austrockungsgrad erreichten, der den Samen das Entweichen aus den gespreizten Zapfenschuppen ermöglichte. Im sehr viel feuchteren und allerdings auch zapfen- und samenreicheren Jahr 1977 war der Verlauf der Dinge dann auch ein deutlich anderer. Auf nahezu allen Parzellen lag das Schwergewicht des Samenfluges in den Wintermonaten, und im Frühjahr kamen meist mehr Samen hinzu als im Herbst schon gefallen waren.

Betrachtet man nur die Werte für die keimfähigen Samen, so treten die genannten Charakteristika der beiden Flugperioden - 1976 Hauptflugzeit Herbst und Winter; 1977 Winter und Frühjahr - noch stärker hervor. Das ist auf die Anteile der keimunfähigen Samen, Hohlkörner vor allem, zurückzuführen, die unter den in der Flugperiode früh oder spät ausfliegenden Samen jeweils besonders zahlreich vertreten sind, aber bei der Betrachtung der keimfähigen Samen allein keine Berücksichtigung finden (Tab. 35 und 36).

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
28. 9.76	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
5.10.76	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12.10.76	3	-	5	-	3	-	5	-	3	4	3	10	3	5	12	7
26.10.76	14	25	21	21	9	18	20	33	8	7	16	24	13	5	21	21
9.11.76	28	-	27	-	29	-	37	-	14	18	24	24	17	12	19	14
15. 3.77	43	66	28	-	52	71	31	-	41	45	-	-	60	71	38	46
3. 5.77	8	7	17	75	6	7	6	64	22	21	-	-	6	6	9	8
31. 5.77	4	2	2	4	1	3	1	3	10	6	57	42	1	1	1	4
Samen/m^2	25	100	84	13	71	74	36	26	110	100	145	67	97	25	50	30

Tab. 31: Der Verlauf des Samenfalls.
Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	9	4	15	0	7	2	2	3	10	2	4	1	1	0	2	1
27. 9.77	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11.10.77	7	4	2	0	1	2	5	3	2	3	1	1	0	1	4	2
25.10.77	10	5	5	4	2	3	5	1	2	2	3	10	1	1	6	4
8.11.77	8	7	16	6	7	5	5	12	2	3	2	7	2	3	3	3
15. 3.78	42	55	43	-	63	57	56	-	37	46	-	-	72	80	44	62
25. 4.78	9	10	-	76	-	-	16	75	17	-	75	57	10	-	15	-
30. 5.78	7	7	-	0	-	-	5	-	11	-	7	-	6	-	6	-
28. 6.78	5	4	16	14	18	25	4	7	9	38	3	20	4	13	10	25
30. 8.78	1	3	3	-	2	6	2	0	9	6	5	4	4	2	10	3
Samen/m^2	260	208	230	16	166	160	120	39	870	346	142	194	813	268	296	212

Tab. 32: Der Verlauf des Samenfalls.
Baumart: Fichte; Samenjahr: 1977;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

Alle Samen

Zeitraum	Parzelle Nr.													
	1.0	1.1	1.2	2.0	2.1	2.2	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
28. 9.76 bis 9.11.76	45	25	53	41	19	62	27	28	43	58	33	22	52	42
bis 15. 3.77	43	(66)	28	52	(71)	31	41	45	keine Aufnahme		60	71	38	46
bis 31. 5.77	12	9	19	7	10	7	32	27	57	42	7	7	10	12
Samen/m^2	25	100	84	71	74	36	110	100	145	67	97	25	50	30

Keimfähige Samen

Zeitraum	Parzelle Nr.													
	1.0	1.1	1.2	2.0	2.1	2.2	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
28. 9.76 bis 9.11.76	56	30	79	57	21	70	39	29	68	72	35	11	73	42
bis 15. 3.77	38	(65)	18	38	(76)	28	33	48	keine Aufnahme		62	84	24	51
bis 31. 5.77	6	5	3	5	3	2	28	23	32	28	3	5	3	7
Samen/m^2	9	45	26	24	27	13	27	38	43	22	23	7	16	11

Tab. 33: Der Verlauf des Samenfalls nach dem Samenjahr 1976, aufgeteilt nach Herbst, Winter und Frühjahr. (In Klammern gesetzte Werte beziehen sich auf den Zeitraum 25.10.76 - 15.3.77.)

Baumart: Fichte
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

Alle Samen

Zeitraum	Parzelle Nr.													
	1.0	1.1	1.2	2.0	2.1	2.2	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
1. 6.77 bis 30. 8.77	9	4	15	7	2	2	10	2	4	1	1	0	2	1
bis 8.11.77	27	17	23	10	10	15	7	8	6	18	3	5	13	9
bis 15. 3.78	42	55	43	63	57	56	37	46	(75)	(57)	72	80	44	62
bis 30. 8.78	22	24	29	20	31	27	44	44	15	24	24	15	41	28
Samen/m^2	260	208	230	166	160	120	870	346	142	194	813	268	296	212

Keimfähige Samen

Zeitraum	Parzelle Nr.													
	1.0	1.1	1.2	2.0	2.1	2.2	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
1. 6.77 bis 30. 8.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bis 8.11.77	25	13	23	9	9	8	7	9	3	23	3	5	17	10
bis 15. 3.78	60	69	69	73	74	70	42	58	(86)	(66)	83	86	55	75
bis 30. 8.78	15	18	8	18	17	22	51	34	11	11	14	9	20	15
Samen/m^2	83	76	52	63	57	43	215	102	20	27	373	134	85	71

Tab. 34: Verlauf des Samenfalls nach dem Samenjahr 1977, aufgeteilt nach Sommer, Herbst, Winter und Frühjahr/-sommer.

Baumart: Fichte
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
28.9. und 5.10.76	keine keimfähigen Samen															
12.10.76	3	-	7	-	4	-	4	-	5	3	4	16	2	4	18	6
26.10.76	22	30	35	26	10	21	19	41	14	8	27	27	15	2	30	22
9.11.76	31	-	37	-	43	-	47	-	20	18	37	29	18	5	25	14
15. 3.77	38	65	18	-	38	76	28	-	33	48	-	-	62	84	24	51
3. 5.77	4	5	2	69	5	3	1	57	18	17	-	-	2	5	2	5
31. 5.77	2	0	1	5	0	0	1	2	10	6	32	28	1	0	1	2
Samen/m^2	9	45	26	5	24	27	13	9	27	38	43	22	23	7	16	11

Tab. 35: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen.
Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27. 9.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.10.77	7	3	3	0	1	1	2	1	2	3	1	0	0	1	5	2
25.10.77	9	6	6	2	1	2	3	1	3	2	0	16	1	1	8	5
8.11.77	9	4	14	0	7	6	3	15	2	4	2	7	2	3	4	3
15. 3.78	60	69	69	-	73	74	70	-	42	58	-	-	83	86	55	75
25. 4.78	8	11	-	85	-	-	16	79	33	-	86	66	9	-	16	-
30. 5.78	4	4	-	0	-	-	3	-	5	-	5	-	3	-	6	-
28. 6.78	3	2	8	13	18	17	2	4	11	33	5	10	2	9	5	15
30. 8.78	0	1	0	-	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	1	0
Samen/m^2	83	76	52	6	63	57	43	16	215	102	20	27	373	134	85	71

Tab. 36: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen.
Baumart: Fichte; Samenjahr: 1977;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

Bemerkenswert an den Befunden ist ferner, daß die grundsätzlich für die ganze Versuchsanlage erkennbaren oben beschriebenen Abläufe erheblichen Modifikationen von Parzelle zu Parzelle unterworfen sind. In einigen Fällen kann es dabei sogar zu einer auch praktisch bedeutsamen Abweichung kommen. Das ist zum Beispiel im Samenjahr 1977 auf der Parzelle 3.0 der Fall, wo im Frühjahr mehr Samen fielen als im Winter und damit - anders als auf allen anderen Parzellen - weniger Samen Kontakt mit Schnee bekamen als im Zapfen überwinterten. Diese Befunde sind statistisch analysiert, und die Ergebnisse dieser Analysen in den Tabellen 37 und 38 mitgeteilt worden (s. Anhang Nr. 6). Danach kann gesagt werden, daß die Modifikationen, denen der Samenfall von Parzelle zu Parzelle unterworfen waren, zwar häufig Signifikanz erreichten, aber das Grundmuster doch nur in wenigen Fällen veränderten.

Verglichene Parzellen	Fichte 1976	Fichte 1977	Tanne 1976	Buche 1977	Ahorn 1977
2.0, 1.2, 2.1	xxx	xxx	n.s.	xxx	-
2.0, 1.2, 2.1, 1.4, 2.3	xxx	xxx	xxx	-	-
1.0, 2.2, 1.1, 2.4, 1.3	n.s.	xxx	n.s.	-	xx
1.0, 2.2, 1.1	n.s.	xxx	n.s.	x	n.s.
1.0, 2.2, 1.1, 2.4	n.s.	xxx	n.s.	xxx	x
1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0	xxx	xxx	xxx	xxx	-
1.0, 2.0, 3.0, 6.0	xxx	xxx	xxx	xxx	-
2.2, 3.2, 6.2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
1.0, 3.0, 2.0	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
2.0, 2.1, 1.4	xxx	-	n.s.	xxx	-

Tab. 37: Ergebnisse nicht-parametrischer Vergleiche von Verläufen des Abfalls der keimfähigen Samen bzw. Früchte auf ausgewählten Parzellen.
(χ^2-Mehrfelder-Test (s. Anhang Nr. 6))

Verglichene Parzellenpaare	Fichte 1976	Fichte 1977	Tanne 1976	Buche 1977	Ahorn 1977
1.0, 2.0	n.s.	xxx	n.s.	x	n.s.
1.1, 2.1	x	x	n.s.	xxx	-
1.2, 2.2	x	xxx	n.s.	xx	n.s.
1.3, 2.3	n.s.	x	-	-	n.s.
1.4, 2.4	x	n.s.	n.s.	xx	xxx
3.0, 3.2	x	xxx	n.s.	xx	-
4.0, 4.2	xxx	xxx	x	xx	xx
5.0, 5.2	xx	xx	n.s.	xxx	xx
8.4, 9.4	n.s.	x	-	-	-
1.0, 2.2	n.s.	xxx	n.s.	n.s.	n.s.
2.0, 1.2	xxx	xxx	n.s.	xxx	n.s.
3.2, 4.2	xxx	xxx	x	n.s.	n.s.
1.0, 1.1	n.s.	xxx	n.s.	n.s.	n.s.
1.0, 6.0	x	xxx	xxx	xxx	xxx
6.2, 2.2	xxx	n.s.	xxx	xxx	xxx
2.0, 2.1	n.s.	n.s.	n.s.	xxx	-
6.0, 6.2	xxx	xxx	n.s.	xxx	xx

Tab. 38: Nicht-parametrische Vergleiche des Abfalls der keimfähigen Samen bzw. Früchte auf ausgewählten Parzellenpaaren.
(χ^2 - Mehrfelder-Test (s. Anhang Nr. 6))

4.63 Die Tannensamen

Für Betrachtungen über den Verlauf des Samenfalls der Tanne stehen nur die Erhebungen aus dem Samenjahr 1976 zur Verfügung, weil es 1977 keine nennenswerte Fruktifikation gab. Aber auch zu den Resultaten von 1976 ist zu bedenken, daß die Zapfenbildung meist nur gering war. Auf einigen Parzellen fielen auch in diesem Jahr so wenige Samen pro Quadratmeter, daß sie für eine ernsthafte Betrachtung des Verlaufs des Samenfalls kaum in Frage kommen.

Nach der Art des Samenfluges, der ja mit der Desintegration der Zapfen einhergeht, war zudem von vonrherein zu vermuten, daß der gesamte Verteilungsprozeß konzentrierter ablaufen würde als das bei der Fichte der Fall war. Tabelle 39 zeigt die Vorgänge für die Tannensamen insgesamt, und in Tabelle 40 ist der Verlauf für die keimfähigen Samen allein dargestellt.

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
28. 9.76	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5.10.76	1	-	1	-	0	0	1	-	0	2	0	0	3	0	0	1
12.10.76	10	-	5	-	2	-	11	-	2	5	0	2	2	5	16	15
26.10.76	19	28	14	23	13	18	17	30	9	11	14	29	20	0	14	13
3. .76	38	-	39	-	35	-	45	-	24	22	34	33	33	24	17	14
15. 3.77	32	71	41	-	48	82	26	-	64	58	-	-	40	66	51	53
3. 5.77	0	1	0	68	0	0	0	70	1	2	-	-	2	0	1	3
31. 5.77	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	52	36	0	5	0	1
Samen/m^2	68	18	52	3	8	14	34	13	14	28	7	6	12	3	58	29

Tab. 39: Der Verlauf des Samenfalls.
Baumart: Tanne
Samenjahr: 1976
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.															
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
12.10.76	16	-	3	-	6	-	19	-	0	9	0	0	18	0	21	21
26.10.76	17	37	14	25	13	24	17	50	12	12	10	56	24	0	23	23
3.11.76	39	-	46	-	31	-	41	-	17	19	20	33	40	33	40	12
15. 3.77	28	63	31	-	50	76	23	-	71	60	-	-	18	67	41	44
3. 5.77	0	0	0	75	0	0	0	50	0	0	-	-	0	0	1	0
31. 5.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	11	0	0	0	0
Samen/m^2	24	5	16	1	2	3	9	0,3	3	6	2	1	2	0,4	19	9

Tab. 40: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Samen.
Baumart: Tanne
Samenjahr: 1977
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

Als Fazit daraus läßt sich für das Beobachtungsjahr folgendes sagen: Der Zerfall der Zapfen und damit der Samenfall begann, allerdings zunächst sehr langsam, Anfang Oktober. Bis Mitte November war dann bereits mehr als die Hälfte der Gesamtzahl aller Samen gefallen. Der Rest fand sich bei der ersten Aufnahme am Ende des Winterhalbjahres. Es wäre jedoch ganz verfehlt, daraus zu schließen, daß der Verbreitungsprozeß der Tannensamen sich über den ganzen Winter hingezogen hätte. Nach den Beobachtungen bei den Begängen der Versuchsflächen während dieses Zeitraums kann vielmehr angenommen werden, daß die Desintegration der Tannenzapfen mit derselben Schnelligkeit weiterging wie er sich in den letzten Oktober- und ersten Novemberwochen angelassen hatte. Der weitaus größte Teil der Samen dürfte daher bereits Ende November ausgeflogen gewesen sein. In den Frühjahrsmonaten gelangten nur noch einzelne Tannensamen an den Boden, die aber überwiegend keimunfähig waren.

Danach kann gesagt werden, daß der Samenflug der Tanne auf einen relativ kurzen Zeitraum im Spätherbst beschränkt ist. Im Gegensatz zur Fichte fällt daher der größte Teil der Tannensamen auf den noch offenen Boden und überwintert unter der später entstehenden Schneedecke.

Große Unterschiede zwischen der Gesamtzahl der Samen und der keimfähigen allein sind in diesem Ablauf nicht erkennbar. Wohl aber zeigt ein Blick auf Tabelle 37, daß der Samenfall von Parzelle zu Parzelle durchaus Unterschiede aufweist. Wirklich aus dem Rahmen fallend ist dabei allerdings nur die Versuchsfläche Nr. 3, auf der das Maximum des Samenfalls - bei allerdings nicht sehr hoher Dichte - deutlich später lag als auf allen übrigen. Es wäre müßig, darüber zu spekulieren, ob die Höhenlage - Versuchsfläche 3 hat die niedrigste Höhe über dem Meer - dabei eine Rolle gespielt hat.

4.64 Die Bucheckern

Der Verlauf des Eckernfalls im Mastjahr 1977 ist in den Tabellen 41 und 42 dargestellt. Danach begannen erste taube Eckern bereits im August zu fallen. Die Hauptfallzeit erstreckte sich dann aber von Anfang Oktober bis etwa Mitte November. Mehr als 80 % der Eckern

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.														
	1.0	1.1	1.2	1.3	2.0	2.1	2.2	2.3	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	24	13	4	0	2	10	3	0	9	11	15	12	8	3	3	4
27. 9.77	6	12	9	0	10	8	7	50	15	4	16	12	17	9	7	14
11.10.77	35	45	45	0	36	26	46	0	37	58	32	56	32	51	52	60
25.10.77	9	7	10	0	3	34	16	0	13	13	12	10	16	7	4	4
8.11.77	13	11	12	0	34	14	16	50	11	3	17	8	21	22	16	8
15. 3.78	13	12	20	-	14	6	11	-	15	11	-	-	6	8	17	9
25. 4.78	0	0	-	100	-	-	0	0	0	-	8	2	0	-	1	-
30. 5.78	0	0	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
28. 6.78	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30. 8.78	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Samen/m^2	53	29	36	0,3	21	17	11	0,3	49	10	59	13	62	53	148	46

Tab. 41: Verlauf des Eckernfalls.
Baumart: Buche; Samenjahr; 1977;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.													
	1.0	1.1	1.2	2.0	2.1	2.2	3.0	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27. 9.77	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	2	1	1
11.10.77	47	57	45	42	27	49	45	75	44	75	31	48	51	73
25.10.77	14	10	11	4	36	26	17	15	18	7	24	9	7	6
8.11.77	27	19	19	47	30	25	18	0	30	18	35	32	20	12
15. 3.78	11	14	24	7	7	0	19	10	-	-	9	9	19	8
25. 4.78	0	0	-	-	-	0	0	-	7	0	0	-	2	-
Samen/m^2	22	14	16	10	7	6	17	5	30	6	22	25	72	25

Tab. 42: Verlauf des Falls der keimfähigen Eckern.
Baumart: Buche; Samenjahr: 1977;
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl.

lagen am Boden,bevor der Schneefall einsetzte. Im Winterhalbjahr fielen die übrigen Eckern. Zwar sind die Abläufe von Parzelle zu Parzelle und damit wohl auch von Bestand zu Bestand etwas verschieden, auch in statistisch signifikanter Weise (Tab. 37 und 38), doch sind diese Unterschiede zu gering als daß sie praktisch bedeutsam sein könnten.

4.65 Die Früchte des Ahorn

Im Samenjahr 1977 fruktifizierte auch der Ahorn in einigem Umfang. Der Verlauf des Abfallens der Früchte dieser Baumart wird aus den Tab. 43 und 44 erkennbar. Der Prozeß begann sehr früh, schon Ende August waren auf einigen Parzellen mehr als 30 % der Gesamtmenge an den Boden gelangt. Wie im Fall der Buche jedoch - der Zahl nach noch ausgeprägter - flogen zunächst nur oder doch ganz überwiegend nicht keimfähige Früchte aus. Das Maximum des Samenfalls lag dann im Oktober/November, genauer gesagt zwischen dem 27.9. und dem 8.11.77. Der anscheinend im Winter gefallene Anteil (Aufnahmetermin 15.3.78) dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit auch bald im Anschluß an den November-Aufnahmetermin in die Samenfänge gelangt sein. Im Frühjahr und Sommer sind keine Ahornfrüchte mehr gefallen. Eine Ausnahme von dieser Abfolge macht das Parzellenpaar der Südfläche (6.0, 6.2); dort ist das Maximum des Abfallens deutlich später eingetreten als auf den anderen Versuchsflächen. Ein Grund für dieses abweichende Verhalten kann nicht angegeben werden.

Bemerkenswert ist schließlich, daß der Verlauf des Samenfalls auch zur Zeit des Maximums nicht kontinuierlich war. Vielmehr hat es nach kräftigem Einsetzen des Fallprozesses bis zum 11. Oktober eine nahezu vollständige Pause von mindestens 2 Wochen gegeben, bevor er sich, noch einmal verstärkt, fortsetzte. In besagtem Zeitraum herrschte trockenes und eher warmes Wetter, wie die Wetterdaten der Station Reit im Winkl erkennen lassen (WETTERAMT MÜNCHEN, 1978). Es könnte daher sein, daß gut trockene Fruchtstände die Früchte sehr viel zögernder entlassen als gut durchfeuchtete. Tatsache ist jedenfalls, daß FAUST, 1963, im Göttinger Wald eine ganz ähnliche Beobachtung gemacht hat: mitten in der Hauptzeit des Falls der Früchte trat eine mehrtägige Pause in diesem Prozeß ein. Allerdings liegen Hinweise

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.												
	1.0	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	37	26	34	0	14	9	19	0	0	0	22	7	5
27. 9.77	14	10	13	8	19	14	8	0	13	2	21	9	9
11.10.77	15	19	24	16	12	55	36	21	39	15	22	27	24
25.10.77	0	0	2	5	2	0	3	0	0	0	0	0	1
8.11.77	20	34	17	24	32	11	17	7	24	58	26	20	16
15. 3.78	14	11	10	47	21	-	17	-	-	25	9	35	43
25. 4.78	0	1	-	-	0	11	-	67	24	0	-	1	-
30. 5.78	0	0	-	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-
28. 6.78	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1
30. 8.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Samen/m^2	47	17	17	5	23	20	5	12	5	9	84	55	24

Tab. 43: Der Verlauf des Falls der Ahornfrüchte.
Samenjahr: 1977
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

Datum der Aufnahme	Parzelle Nr.												
	1.0	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	3.2	4.0	4.2	5.0	5.2	6.0	6.2
30. 8.77	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
27. 9.77	8	10	0	0	9	4	0	0	0	0	4	1	2
11.10.77	22	29	37	0	12	48	50	23	71	6	32	19	13
25.10.77	0	0	0	0	4	28	0	0	0	0	0	0	0
8.11.77	48	51	47	9	50	20	25	0	0	68	48	29	12
15. 3.78	22	10	16	91	24	-	25	-	-	26	16	51	73
25. 4.78	0	0	-	-	0	0	-	77	29	0	-	0	-
Samen/m^2	16	7	3	1	10	7	1	4	2	4	26	26	8

Tab. 44: Der Verlauf des Falls der keimfähigen Ahornfrüchte.
Samenjahr: 1977
Werte: Prozentsätze der jeweiligen Gesamtzahl

auf die dabei herrschenden Wetterbedingungen nicht vor. Im Hinblick auf das Verjüngungspotential der im Verlauf des Samenfalls an den Boden gelangenden Früchte dürften jedoch weder diese Fallpause noch die beobachteten Unterschiede zwischen den Versuchsflächen und -parzellen bedeutungsvoll sein.

4.66 Der Samenfall im Verhältnis zum Streufall

Das Abfallen der Samen und Früchte von den Mutterbäumen ist ein in sich interessantes Phänomen, das aber auch bedeutsam im Hinblick auf die weitere Entwicklung des Verjüngungsprozesses sein kann. In den vorangehenden Kapiteln war bei der Betrachtung dieser Prozesse vor allem auf die Art der Winterlagerung eingegangen worden, die sich aus dem Ablauf des Samenfalls ergibt, also ob die Samen vor, während oder nach dem Schneefall fielen. Wichtig ist es in dem Zusammenhang aber auch, zu wissen, wie Samen- und Streufall sich zueinander verhalten. Da die Samenfänge bei den Leerungen immer die gesamte, der Fläche des Fangs entsprechende Streumenge enthielten und diese erfaßt und gewogen wurde, kann ein solcher Vergleich tatsächlich gemacht werden.

Im Hinblick auf das Verjüngungspotential, das mit den Samen und Früchten an den Boden gelangt, ist es vor allem wichtig zu wissen, ob diese unter, in oder auf die frische Streu gelangen. Dabei muß allerdings für diesen Teil der Untersuchung offen bleiben, ob damit überhaupt irgendein das Verjüngungspotential beeinflussender Effekt wirklich verbunden ist. Zur Beleuchtung dieses Tatbestandes möge es genügen, die Befunde an wenigen, aber charakteristischen Beispielen vorzuführen. Dazu dienen die Parzellen 1.0, Hauptversuchsfläche unbehandelt, und 6.0, Südfläche unbehandelt. Die erstere stellt ein Beispiel für etwas verzögerten Laub- aber frühen Samenfall, und die letztere - zumindest im Jahre 1977 - ein solches für frühen Abfall des Laubes und etwas späteres Ausfliegen der Samen dar.

An den Darstellungen der Abb. 19 bis 22 fällt zunächst auf, daß der Laubfall einen beträchtlich anderen Verlauf hat als der Fall der Nadelstreu. Ersterer ist im wesentlichen ein Ereignis weniger Wochen im Herbst, während letzterer sich über einen deutlich größeren

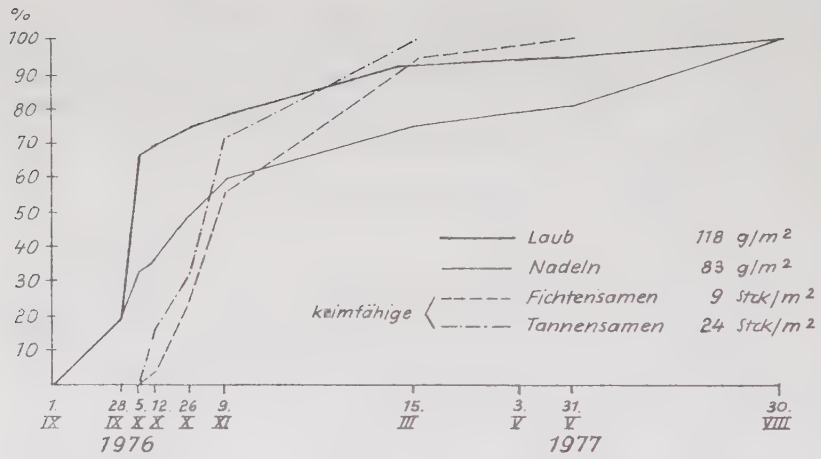


Abb. 19: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Hauptversuchsfläche (Parzelle 1.O) im Samenjahr 1976.

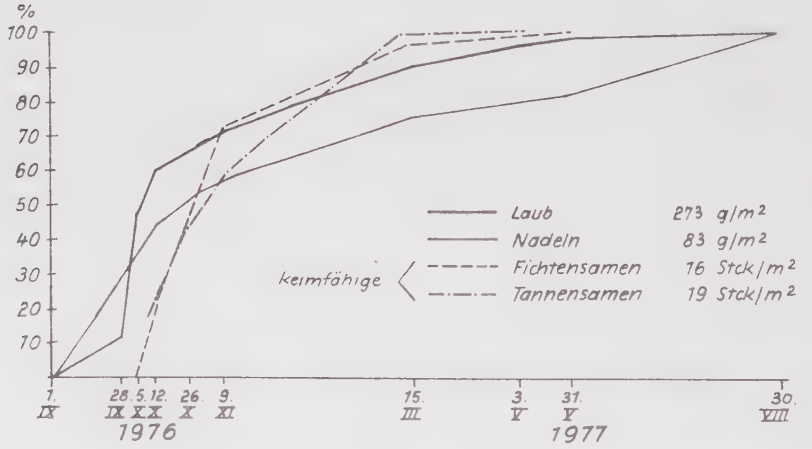


Abb. 20: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Südfläche (Parzelle 6.O) im Samenjahr 1976.

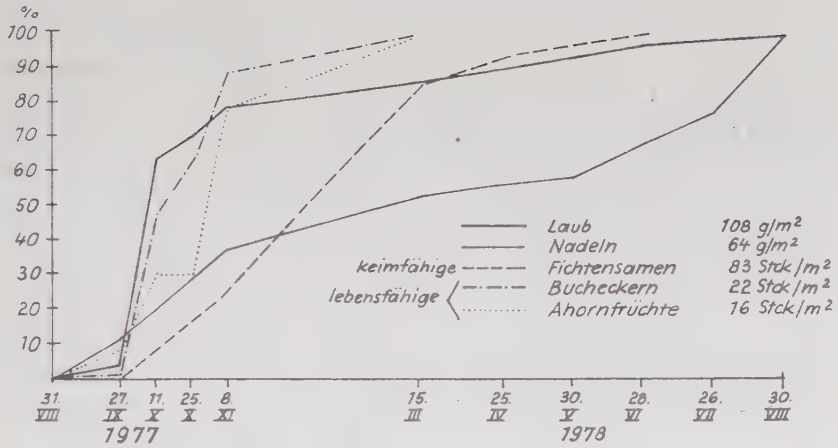


Abb. 21: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Hauptversuchsfläche (Parzelle 1.0) im Samenjahr 1977.

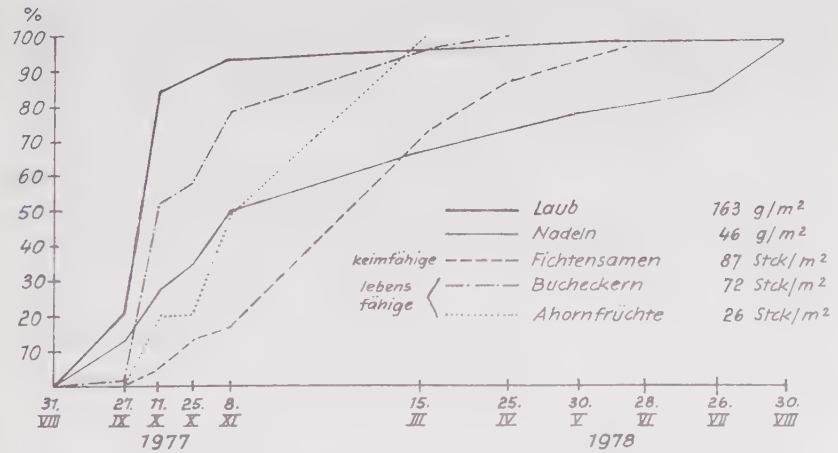


Abb. 22: Der Verlauf des Streu- und Samenfalls auf der Südfläche (Parzelle 6.0) im Samenjahr 1977.

Zeitraum verteilt. Aber auch von den Nadeln fielen zwischen 40 % und 60 % im Zeitraum zwischen Ende September und Mitte November. Unterschiede von Jahr zu Jahr, aber auch von Parzelle zu Parzelle, werden aus den Darstellungen ebenfalls deutlich.

Für das Samenjahr 1976 (Abb. 19 und 20), in dem nur Fichten- und Tannensamen in nennenswertem Umfang gebildet worden waren, ist gut erkennbar, daß keine Samen ausflogen bevor nicht bereits ein Teil der frischen Streu den Boden bedeckte. Der größte Teil der Samen fiel dann aus, als mehr als die Hälfte sowohl der Laub- als auch der Nadelstreu gefallen war. Diese Beobachtung gilt für Parzelle 1.C, wo der Streufall besonders zügig ablief, wie für Parzelle 6.O, wo er etwas zögernder erfolgte. Das Ergebnis ist in beiden Fällen, daß sehr viele Samen in frische Streu fielen und von nachfolgenden Streumengen bedeckt wurden. Der Anteil der Samen, die nach Abschluß des Laubfalls auf den Boden gelangen und damit auf der frischen Streu überwintern, ist dagegen gering.

Für das Jahr 1977 können diese Zusammenhänge auch für die Früchte von Ahorn und Buche sowie wieder für die Fichte dargestellt werden. Das geschieht erneut am Beispiel der Parzellen 1.O und 6.O (Abb. 21 und 22), wobei allerdings zu bemerken ist, daß der Laubfall in diesem Jahr auf der Südfläche (6.O) deutlich schneller verlief als auf der Hauptversuchsfläche, während im Vorjahr die Unterschiede in dieser Beziehung nicht sehr groß gewesen waren. Trotzdem aber wird in beiden Untersuchungsbeständen wieder deutlich, daß der Streufall vor dem Fall der keimfähigen Samen einsetzt. Vor allem die Bucheckern und Ahornfrüchte werden daher gut in die Streu, die Laubstreu vor allem, eingebettet, während die Fichtensamen überwiegend in die oberen Lagen der Winterstreu zu liegen kommen oder auch erst nach Abschluß der Hauptperiode des Streufalls an den Boden gelangen.

Die Darstellungen machen auch klar, daß die der Zahl und der Masse nach wenigen Samen so in oder auf ein beachtliches Streupolster gelagert wurden. Zwischen 150 und 300 g Trockenmasse an Laub- und Nadelstreu sind es nämlich, die dieses Polster ausmachen, oder 1,5 bis 3 Tonnen pro Hektar.

4.7 Streu- und Samenmengen

4.71 Vorbemerkung

Für die Betrachtung der Fruktifikationsvorgänge im Wald ist es wichtig, auch die produktionsökologischen Größenordnungen zu kennen, in denen sie sich abspielen. Die nach den Leerungen der Samenfänge vorgenommenen Trennungen der einzelnen Streukomponenten - Laub-, Nadelstreu, Samen, Früchte, Früchteteile usw. - und deren Trocknung und Wägung ermöglichen Aufschlüsse dazu. Diese werden in der Folge mitgeteilt werden.

Bevor an die Interpretation der zugehörigen Daten gegangen werden kann, seien jedoch einige einschränkende Überlegungen vorangestellt. Die Auswertung der Befunde über die Streuaufnahmen haben einige, allerdings nicht sehr bedeutsame, Fehlerquellen erkennen lassen. Zum einen war das Bodensieb der Samenfänge nicht so dicht wie Vorversuche erwarten ließen. Dadurch ist es zu geringen Verlusten in der Fraktion "Nadelstreu" gekommen. Und zum anderen besteht die Möglichkeit, daß in der Fraktion "Laubholzblätter" Verwehungen aus den Samenfängen nicht ganz durch Eintragungen infolge von Wind ausgeglichen worden sind. Systematische Erhebungen sollen die Größenordnungen dieser Fehlerquellen klären, sie sind aber noch nicht abgeschlossen. Da die Samen und Früchte sowie die Streukategorie "Früchteteile" davon jedoch überhaupt nicht betroffen und die Fehlergröße insgesamt nicht sehr bedeutend ist, erscheint eine erste Darstellung und Betrachtung der Befunde schon jetzt zulässig.

4.72 Die Streumengen

Tabelle 46 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Streuaufnahmen. Die darin enthaltenen Daten werden ergänzt durch die wichtigsten statistischen Parameter (Tab. 45), für die Laubstreu also Laubblätter, Nadeln und Knospenschuppen. (Alle anderen Elemente der Streu, wie Samen, Früchte und Zweige, wurden nicht kastenweise, sondern als Summe aus allen Fangkästen für die gesamte Parzelle erfaßt, sie können daher in diese Berechnung nicht beinbezogen werden.) Die Variationskoeffizienten lassen eine überraschend geringe Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert erkennen. Das gilt ganz besonders für die Befunde, die auf noch überschirmten Parzellen erhoben wurden, während die Streu auf den Kahlflächen und Femelparzellen erwartungsgemäß zwar deutlich höher aber doch keineswegs etwa im Bereich von Überdispersion lag. Die Fehlerprozente lagen, der verhältnismäßig großen Zahl von Samenfängen und der geringen Streuung entsprechend, ebenfalls niedrig. Insgesamt lassen sich danach die

Parzelle Nr.	Mittelwert g/m^2	Variationskoeffizient %	Standardfehler %	95-%-Mutungsbereich %
1.0	175,4	14	2,7	5,4
1.1	145,9	18	3,3	6,9
1.2	132,0	19	3,5	7,1
1.3	6,7	40	7,3	15,0
1.4	128,9	32	5,8	11,9
2.0	217,1	19	3,5	7,2
2.1	126,3	13	2,4	4,8
2.2	112,4	16	3,0	6,1
2.3	13,4	52	9,5	19,5
2.4	149,0	31	5,6	11,5
3.0	183,5	15	2,8	5,7
3.2	71,6	12	2,2	4,4
4.0	152,9	17	3,8	8,0
4.2	88,4	33	6,0	12,3
5.0	159,7	13	2,4	5,0
5.2	110,3	22	4,1	8,3
6.0	215,6	15	2,8	5,7
6.2	107,0	32	5,8	11,9
8.4	54,5	46	8,4	17,3
9.4	44,6	70	12,9	26,4

Tab. 45: Statistische Parameter für die Streu (Laubstreu, Nadelstreu und Knospenschuppen) im Zeitraum 1. 9.1977 bis 31.8.1978.

Parz. Nr.	Laubstreu		Nadelstreu		Früchte x)		Sonstiges xx)		Summen		Anteil der Früchte a.d.gesamten Streu %	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977
1.0	1 182	1 077	828	643	232	401	672	732	2 914	2 853	8,0	14,1
1.1	715	837	721	672	217	171	516	454	2 170	2 134	10,0	8,0
1.2	773	781	563	501	162	404	483	388	1 981	2 074	8,2	19,5
1.3	123	51	30	14	5	4	130	51	289	120	1,8	3,5
1.4	1 574	997	402	248	61	295	512	370	2 550	1 910	2,4	15,4
2.0	1 744	1 595	585	503	54	137	714	546	3 097	2 781	1,8	4,9
2.1	613	699	651	571	57	198	508	400	1 828	1 867	3,1	10,6
2.2	616	741	547	345	160	96	407	266	1 730	1 449	9,3	6,6
2.3	169	107	34	22	11	20	138	56	353	205	3,1	9,9
2.4	1 058	969	529	442	35	185	499	576	2 121	2 172	1,6	8,5
3.0	798	597	1 573	1 170	131	748	777	1 105	3 280	3 620	4,0	20,7
3.2	222	222	594	472	51	188	283	355	1 149	1 238	4,4	15,2
4.0	1 423	825	884	639	90	284	600	460	2 998	2 207	3,0	12,8
4.2	498	410	556	403	29	268	345	323	1 429	1 405	2,1	19,0
5.0	794	645	1 508	886	260	612	776	711	3 338	2 854	7,8	21,4
5.2	990	771	453	294	58	275	502	345	2 003	1 684	2,9	16,3
6.0	2 734	1 628	829	464	175	720	803	743	4 541	3 555	3,9	20,2
6.2	1 174	720	587	318	88	238	666	399	2 515	1 676	3,5	14,2
7.2	141	74	933	775	231	505	574	555	1 879	1 909	12,3	26,5
8.4	11	11	804	515	331	254	387	310	1 534	1 090	21,6	23,3
9.4	20	16	632	416	124	244	337	230	1 112	906	11,1	27,0

Tab. 46: Trockengewichte der Streu, kg/ha.

x) Früchte umfaßt: Samen, Zapfen, Zapfenschuppen, Kapseln und Blütenreste

xx) Sonstiges umfaßt: Knospenschuppen, Zweige, Rindenstücke und nicht identifizierbare Teile.

1976 = 1.9.1976 - 31.8.1977
1977 = 1.9.1977 - 31.8.1978

mitgeteilten Befunde als recht zuverlässig charakterisieren.

Dann aber zu den Resultaten selbst. Die Trockengewichte der Streu, und zwar als Summe aller Einzelkomponenten, lag auf den unbehandelten Parzellen um die 3 (bis 4) Tonnen pro Hektar und Jahr. Die waldbaulich veränderten, also im Überschirmungsgrad herabgesetzten Bestandesteile, ließen den Effekt dieser Eingriffe an der Streuproduktion klar erkennen. Es würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wollte man den Zusammenhängen zwischen der Stärke der waldbaulichen Eingriffe, wie sie aus Tab. 46 zu erkennen ist, und der Veränderung des Streufalls hier weiter nachgehen. Dazu bedarf es eingehender, statistisch untermauerter Analysen, die einer eigenen Studie vorbehalten bleiben sollen; deshalb mag dieser Hinweis hier genügen.

Auffällig sind auch die Unterschiede, die sich in den beiden Beobachtungsjahren auf der jeweils gleichen Parzelle herausgebildet haben. Im zweiten Untersuchungsjahr ist auf den meisten Parzellen weniger Laub- und immer weniger Nadelstreu gefallen als im ersten. Ob das damit zusammenhängt, daß das Trockenjahr 1976 eine Verstärkung des Nadelfalls und eine Verringerung der Laubblattbildung für das nächste Jahr bewirkt hat, ist aus den vorliegenden Werten nicht ablesbar. Genauso wenig kann gesagt werden, ob der deutlich verstärkte Fruchtansatz im zweiten Halbjahr 1976 sich - was durchaus denkbar wäre - auf die Laubbildung ausgewirkt haben könnte. Auch solchen Fragen wird im Rahmen einer späteren Arbeit nachgegangen werden, wenn die Beobachtungsergebnisse einer größeren Reihe von Jahren vorliegen.

4.73 Die Samen und Früchte

Im Zusammenhang mit unseren Betrachtungen zur Fruktifikation der Untersuchungsbestände können aus der Tabelle 46 zwei wichtige Erkenntnisse hergeleitet werden, zum einen die absoluten Gewichte der Samen, Früchte und Fruchtteile, die je Flächeneinheit gefallen sind, und zum anderen deren Anteil an der Gesamtmenge der Streu.

Nimmt man alle Organteile zusammen, die mit der Fruktifikation der Bestände zusammenhängen, wie das in Tab. 46 dargestellt worden ist, so ergeben sich Werte, die im ersten Beobachtungsjahr zwischen 35 und gut 300 kg/ha lagen. Selbst auf den Kahlflächen gelangten noch 5 bzw. 11 kg/ha an solchen Substanzen an den Boden. Im zweiten Jahr, bei deutlich stärkerer Fruktifikation, hatten die Befunde eine wesentlich höhere Größenordnung, die sich zwischen 100 und 750 kg/ha bewegte. Die Kahlflächen brachten es auf 4 bzw. 20 kg/ha.

Will man den produktionsökologischen Rang solcher Werte beurteilen, so ist es notwendig, den Anteil der Früchte an der gesamten Streuproduktion eines Bestandes zu betrachten. (Noch besser wäre es, wenn deren Anteil an der gesamten Trockensubstanzproduktion des zugehörigen Bestandes hergeleitet werden könnte; dazu wären jedoch umfangreiche und sehr aufwendige Zuwachsaufnahmen nötig, wie sie im vorliegenden Fall nicht gemacht werden konnten.) Das ist in den letzten Spalten der Tab. 46 möglich. Danach betrug der Früchteanteil an der Gesamtstreu im zweiten Beobachtungsjahr bis zu 25 %. Und selbst im ersten Jahr mit äußerst geringer Fruktifikation gab es Anteile bis zu 20 %.

Eine Aufteilung der Spalte "Früchte" in Tab. 46 wird in den Tabellen 47 und 48 gemacht. Daraus ist zu ersehen, daß die eigentlichen Samen und Früchte, also die Baumembryonen, nur einen geringen Teil der Trockensubstanzproduktion ausmachen, die mit der Fruktifikation verbunden ist. Er liegt zwischen fünf und fünfzig Prozent, und zwar meist im unteren Teil dieses Bereiches. Deutlich höher lagen im allgemeinen die Werte, die auf den Kahlflächen ermittelt worden waren. Dort machte der Anteil der Samen an der gesamten Menge der Fruktifikationsprodukte zwischen 50 und 90 % aus, was darauf zurückzuführen ist, daß die Samen - die Buche ausgenommen - dadurch, daß sie Flügel besitzen, deutlich weiter transportiert werden als andere Früchteteile.

Farz. Nr.	Blüten-reste x)	Samen bzw. Früchte				Zapfen, Schuppen, Kapseln usw.					Gesamt-summe
		Fichte	Tanne	Sonstige xx)	Summe	Fichte	Tanne	Buche	Lärche	Summe	
1.0	19,5	1,5	19,5	9,3	30,3	108,7	58,0	15,8	0	182,5	232,3
1.1	6,9	6,6	4,4	3,2	14,2	122,9	70.9	2,4	0	196,2	217,3
1.2	25,2	5,0	14,6	3,6	23,2	61,5	49,0	2,6	0	113,1	161,5
1.3	1,5	0,6	0,8	0,8	2,2	0,8	0,6	0	0	1,4	5,1
1.4	25,1	3,1	2,6	4,4	10,1	9,4	8,3	8,4	0	26,1	61,3
2.0	10,8	4,0	1,8	0,2	6,0	31,8	4,6	0,8	0	37,2	54,0
2.1	9,5	4,1	3,7	1,2	9,0	26,8	8,9	2,9	0	38,6	57,1
2.2	6,5	1,9	9,6	4,3	15,8	5,4	128,9	2,2	1,7	138,2	160,5
2.3	0,8	1,1	0,3	4,2	5,6	2,6	0,8	1,0	0	4,4	10,8
2.4	16,4	5,0	1,6	2,0	8,6	3,0	2,1	4,4	0	9,5	34,5
3.0	26,0	6,6	2,9	3,7	13,2	79,6	3,7	8,5	0	91,8	131,0
3.2	9,1	5,1	6,2	2,6	13,9	4,0	22,4	1,3	0	27,7	50,7
4.0	32,2	5,7	1,8	2,4	9,9	23,9	5,3	7,2	11,9	48,3	90,4
4.2	7,6	2,8	1,8	0,6	5,2	6,3	5,7	0,7	3,8	16,5	29,3
5.0	33,4	4,4	3,4	3,5	11,3	200,9	11,0	3,4	0	215,3	260,0
5.2	16,6	2,2	0,9	31,5	34,6	0,7	0,9	4,8	0	6,4	57,6
6.0	59,4	2,5	16,3	13,0	31,8	6,7	68,4	9,0	0	84,1	175,3
7.2	7,2	11,4	9,8	1,1	22,3	151,2	50,7	0	0	201,9	231,4
8.4	6,3	24,3	2,0	0	26,3	296,1	2,3	0	0	298,4	331,0
9.4	3,6	18,6	2,9	0,1	21,6	90,1	8,6	0	0	98,7	123,9

Tab. 47: Trockengewichte (kg/ha) von Blüten, Samen und Früchten im Zeitraum 1.9.1976 bis 31.8.1977.

x) Die Blütenreste stammen von der Baumblüte im Frühjahr 1977, aus der die Samen und Früchte hervorgingen, die im Herbst dieses Jahres fielen (s.Tab.14).

xx) Sonstige: Bucheckern, Ahorn, Lärche, Eibe, Mehlbeere, Vogelbeere .

Parz. Nr.	Blüten-reste x)	Samen bzw. Früchte						Zapfen, Schuppen, Kapseln usw.					Gesamt-summe
		Fichte	Tanne	Buche	Ahorn	Sonstige xx)	Summe	Fichte	Tanne	Buche	Lärche	Summe	
1.0	2,0	10,5	2,2	48,9	26,8	0,1	88,5	210,4	5,0	95,4	0	310,8	401,3
1.1	1,0	9,4	1,2	34,1	9,7	0	54,4	72,4	4,5	38,5	0	115,4	170,8
1.2	1,3	9,3	2,3	52,3	7,8	0,1	71,8	242,5	8,2	80,5	0	331,2	404,3
1.3	0,3	0,8	0,3	0,6	0,8	0	2,5	0,2	0	1,4	0	1,6	4,4
1.4	1,8	3,1	1,2	92,2	14,4	>0	110,9	62,5	5,8	113,8	0	182,1	294,8
2.0	2,2	7,5	0,2	23,1	0,9	0,3	32,0	71,1	1,0	30,8	0	102,9	137,1
2.1	1,5	8,1	5,0	14,5	3,2	5,0	35,8	103,0	25,3	32,6	0	160,9	198,2
2.2	1,1	5,4	1,7	16,2	18,5	>0	41,8	23,3	4,6	25,0	0	52,9	95,8
2.3	0,2	2,6	0,7	1,0	14,1	0	18,4	0,5	0,7	0,7	0	1,9	20,5
2.4	1,3	7,1	0,5	44,9	5,4	0	57,9	39,0	0,9	86,1	0	126,0	185,2
3.0	8,4	33,7	0,4	56,8	1,0	0	91,9	547,8	0,1	100,1	0	648,0	748,3
3.2	3,0	16,6	0,7	14,1	2,6	0	34,0	118,6	7,3	25,5	0	151,4	188,4
4.0	7,4	4,8	0,6	47,7	5,4	0,1	58,6	152,5	1,4	63,9	0	217,8	283,8
4.2	3,9	6,8	0,5	11,2	3,4	0,3	22,2	224,6	1,3	11,4	4,8	242,1	268,2
5.0	9,4	39,9	2,1	45,3	8,5	>0	95,8	424,3	1,7	80,4	0	506,4	611,6
5.2	2,7	16,8	0,7	67,2	49,6	>0	134,3	37,0	1,2	99,4	0	137,6	274,6
6.0	7,0	13,0	2,9	199,2	39,9	0,3	255,3	147,9	10,7	298,6	0	457,2	719,5
6.2	6,9	10,5	6,4	60,1	14,0	0	91,0	40,4	11,5	88,2	0	140,1	238,0
7.2	4,4	19,1	4,0	3,4	0,6	0	27,1	457,1	15,1	1,5	0	473,7	505,2
8.4	6,0	3,3	1,8	0	0,2	0	5,3	240,0	2,4	0	0	242,4	253,7
9.4	5,5	4,3	0,7	0	0	0	5,0	232,9	1,0	0	0	233,9	244,4

Tab. 48: Trockengewichte (kg/ha) von Blüten, Samen und Früchten im Zeitraum 1.9.1977 bis 31.8.1978.

x) Die Blütenreste stammen überwiegend von der Baumblüte im Frühjahr 1978, aus der die Samen und Früchte hervorgingen, die im Herbst dieses Jahres fielen.

xx) Sonstige: Lärche, Eibe, Mehlbeere, Vogelbeere.

Die Betrachtungen zu den Tabellen 47 und 48, in denen die Zusammensetzung der auf den Boden gelangten Fruktifikationsprodukte dargestellt wird, bedürfen abschließend einer wichtigen Einschränkung. Es ist zwar sicher, daß alle Samen - soweit sie überhaupt ausfliegen; Fichtenzapfen entlassen die an Basis und Spitze gebildeten Samen nie vollständig -, die im Beobachtungszeitraum gebildet worden waren, auch an den Boden gelangten. Das gilt jedoch nicht für andere Teile der Früchte. Fichtenzapfen sowie die Kapseln der Bucheckern, aber auch die Spindeln der Tannenzapfen, bleiben zu einem erheblichen Teil länger als eine Vegetationsperiode am Baum sitzen. Die mitgeteilten Befunde repräsentieren daher nur einen Ausschnitt aus der gesamten Fruktifikationstrockenmasse. Ein Teil der im zweiten Beobachtungsjahr gefundenen Früchteteile muß außerdem nach dieser Überlegung aus der Fruktifikation des Vorjahres stammen. Und schließlich wird die Früchtemenge des zweiten Beobachtungsjahres teilweise erst im Verlauf der folgenden Beobachtungsjahre in den Fangkästen auftauchen. Abschließend und verläßlich wird dieser Ausschnitt aus dem Verjüngungsgeschehen im Bergmischwald daher erst dargestellt werden können, wenn vier oder fünf Beobachtungsjahre erfaßt worden sind.

4.8 Das Verjüngungspotential auf den Femellöchern

4.81 Vorbemerkung

Auf vier Parzellen, nämlich den Nummern 1.4, 2.4, 8.4 und 9.4, waren Löcherhiebe ausgeführt worden, wodurch kreisrunde Öffnungen mit einem Durchmesser von 30 m entstanden. Im Anhalt an die gebräuchliche Bezeichnung in der forstlichen Praxis sind die so behandelten Parzellen als "Gebirgsfemel" bezeichnet worden. Diese Art des waldbaulichen Vorgehens wird im Gebirgswald häufig angewandt. Deshalb ist es besonders wichtig, der Frage nachzugehen, ob diese Femellöcher so ausreichend mit Samen versorgt werden, daß ein zuverlässiges Naturverjüngungspotential besteht.

Die durchschnittlichen Dichten, mit denen Samen bzw. Früchte auf den Femellöchern gefunden wurden, sind zusammen mit den Befunden aller übrigen Parzellen bereits in der Tab. 14 mitgeteilt worden. Zur leichteren Orientierung sind sie dazu noch einmal in konzentrierter Form in der folgenden Tabelle 49 dargestellt.

		Parzelle Nr.			
		1.4	2.4	8.4	9.4
Fichte	alle Samen 1976 (Stück/m^2)	50,4	87,2	680,8	392,4
	keimf.Samen 1976 (Stück/m^2)	14,1	27,5	285,9	182,1
	Keimprozent 1976	28	32	42	46
	alle Samen 1977 (Stück/m^2)	88,3	177,2	118,9	126,3
	keimf.Samen 1977 (Stück/m^2)	25,1	77,7	21,1	27,4
	Keimprozent 1977	28	44	18	22
Tanne	alle Samen 1976 (Stück/m^2)	10,7	6,4	6,3	12,0
	keimf.Samen 1976 (Stück/m^2)	2,7	1,2	0	0,4
	Keimprozent 1976	25	19	0	15
Buche	alle Eckern 1977 (Stück/m^2)	81,6	38,9	0	0
	lebensf.Eckern 1977 (Stück/m^2)	22,7	7,6	0	0
	Lebensfähigkeit 1977 (%)	28	28	0	0
Ahorn	alle Früchte 1977 (Stück/m^2)	20,1	8,5	0,5	0
	lebensf.Früchte 1977 (Stück/m^2)	8,8	2,7	0,3	0
	Lebensfähigkeit 1977 (%)	44	32	60	0

Tab. 49: Samendichten und Keimprozente auf den Femelhieb-Parzellen.

Diese Mittelwerte, wie auch die zugehörigen statistischen Parameter aus Tab. 16 a-d sind aber deswegen nicht mit den entsprechenden Größen von den übrigen Parzellen zu vergleichen, weil sie nach einem anderen Aufnahmeverfahren erhoben wurden. Es wird dazu auf die Abb. 4 verwiesen. Die Art der Auslegung der Samenfänge auf den Femeln erlaubt es jedoch, Rückschlüsse auf die Veränderung der Samendichte mit zunehmender Entfernung vom aufgehauenen Bestandesrand zu ziehen.

4.82 Dichte und Verteilung der Samen und Früchte auf den Femeln

Die mittleren Dichten der Samen und Früchte auf den Femeln liegen ziemlich gut im Rahmen dessen, was auch auf den übrigen Parzellen an Dichten gefunden wurde (Tab. 14). Beachtliche Samendichten hat auf allen Femelparzellen die Fichte produziert. Samen bzw. Früchte aller anderen Baumarten kamen nur auf den Femeln der Hauptversuchsfläche vor, wobei vor allem von der Buche dort im Samenjahr 1977 akzeptable Dichten erreicht wurden.

Die Verteilung der Fichtensamen auf den Femeln sei zunächst optisch an Verteilungsbildern für einen besonders reichlichen Samenfall im Jahr 1976 auf der Parzelle 9.4 in Abb. 23 und einen besonders spärlichen aus dem gleichen Jahr auf der Parzelle 1.4 in Abb. 24 dargestellt. Im einen wie im anderen Falle sind Samen auf alle Teile des Femels gelangt, wenn auch eine deutliche Konzentration in einigen Richtungen an den Bestandesrändern unverkennbar sind. Auch auf die keimfähigen Samen allein bezogen kann diese Beobachtung aufrechterhalten werden.

Der Versuch einer statistischen Untermauerung dieses Befundes wurde mit Hilfe der Regressionsanalyse unternommen. Wird dem Zusammenhang zwischen der Entfernung der Fänge vom Zentrum des Femels und der Samendichte nachgegangen, so ist ein regressionsanalytischer Nachweis in 4 von 8 möglichen Fällen für die Gesamtzahl und in 3 von 8 für die keimfähigen Samen möglich. Die entsprechenden Regressionslinien sind in den Abb. 25 und 26 dargestellt und die zugehörigen Berechnungsergebnisse in den Tabellen 50 und 51 enthalten. Es kann danach gesagt werden, daß die Samendichten der Fichten vom Bestandesrand zum Zentrum der Femellöcher hin abfallen, wie eigentlich zu erwarten war. Da die Neigung der Regressionslinien oder -kurven nicht sehr steil ist, werden aber auch die zentralen Teile der Femel immer noch von beachtlichen Samenmengen erreicht. Außerdem muß gesagt werden, daß es ganz offenbar auch Situationen gibt, in denen diese Dichteabnahme zum Zentrum des Femelloches hin nicht sehr ausgeprägt ist oder auch gar nicht in Erscheinung tritt.

ALLE SAMEN	KEIMFAEHIGE SAMEN	KEIMPROZENTE
MITTELWERT STCK/QM = 392.4	MITTELWERT STCK/QM = 182.1	KEIMPROZENT DER PARZELLE= 46.42
564. 384.	268. 156.	48. 41.
392. 308.	176. 156.	45. 51.
300. 284.	124. 128.	41. 45.
684 428 272.360. 216.316.476.968.	304.212.128.148. 112.120.208.304.	44. 50. 47. 41. 52. 38. 44. 11
312.	156.	50.
320.	188.	59.
668.504.416.272. 272.300.236.628.	348.256.204.116. 144.164. 92.284.	52. 51. 49. 43. 53. 55. 39. 45.
184. 268.	132. 128.	72. 48.
308. 320.	172. 136.	56. 43.
332. 480.	156. 244.	47. 51.

Abb. 23: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976; Parzelle: 9.4, Beispiel für hohe Dichten.

ALLE SAMEN	KEIMFAEHIGE SAMEN	KEIMPROZENTE %
MITTELWERT STCK/QM = 50.4	MITTELWERT STCK/QM = 14.1	KEIMPROZENT DER PARZELLE= 28.04
32. 28.	16. 16.	50. 57.
32. 24.	12. 4.	38. 17.
20. 32.	0. 8.	0. 25.
84. 92. 60. 48. 32. 40. 60. 80.	28. 20. 24. 4. 24. 16. 24. 24.	33. 22. 40. 8. 75. 40. 40. 30.
44.	20.	45.
32.	0.	0.
144. 72. 40. 24. 48. 40. 28. 96.	32. 12. 4. 4. 12. 4. 4. 40.	22. 17. 10. 17. 25. 10. 14. 42.
44. 28.	16. 12.	36. 43.
40. 64.	12. 24.	30. 38.
52. 52.	4. 4.	8. 8.

Abb. 24: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Fichte; Samenjahr: 1976; Parzelle: 1.4. Beispiel für geringe Dichten.

Jahr	Parz. Nr.	Regressions-gleichungen	B	Signi-fikanz	C %	n
1976	8.4	log y = 2,571 + 0,017 E	0,40	xxx	5	30
	9.4	log y = 2,326 + 0,018 E	0,45	xxx	5	30
1977	2.4	log y = 2,062 + 0,013 E	0,35	xxx	5	30
	9.4	log y = 1,577 + 0,034 E	0,47	xxx	11	30

Tab. 50: Beziehungen zwischen der Dichte der Fichtensamen (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Jahr	Parz. Nr.	Regressions-gleichungen	B	Signi-fikanz	C %	n
1976	8.4	y = 171,09 + 8,77 E	0,30	xx	29	30
	9.4	y = 90,44 + 7,07 E	0,40	xxx	29	30
1977	9.4	y = 12,80 + 1,16 E	0,29	xx	40	30

Tab. 51: Beziehungen zwischen der Dichte der keimfähigen Fichtensamen (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

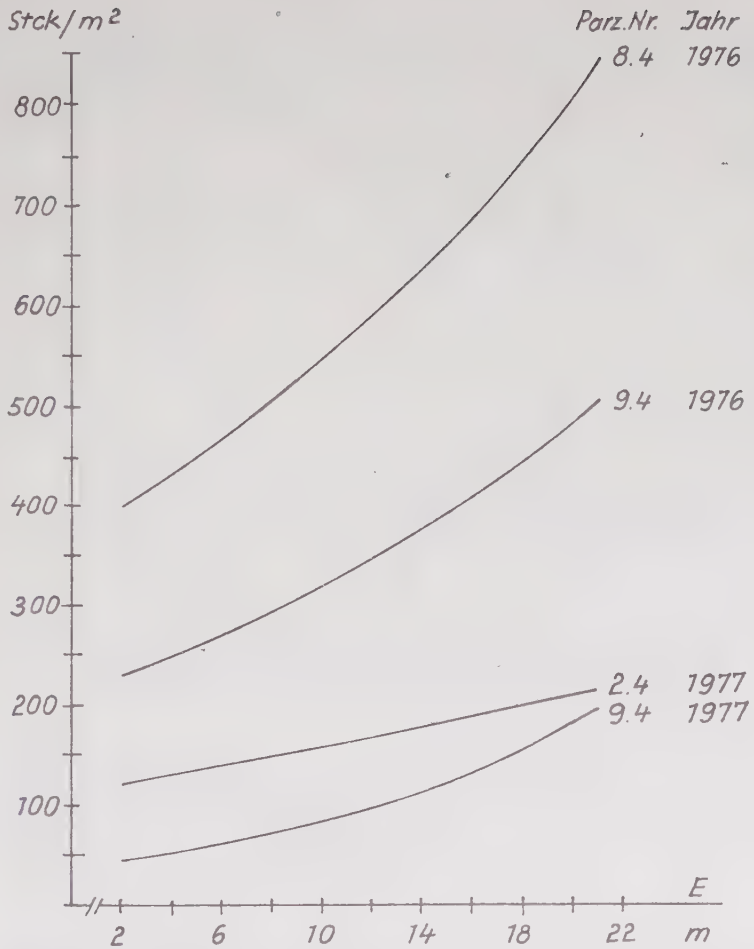


Abb. 25: Beziehungen zwischen der Dichte der Fichtensamen und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 50.

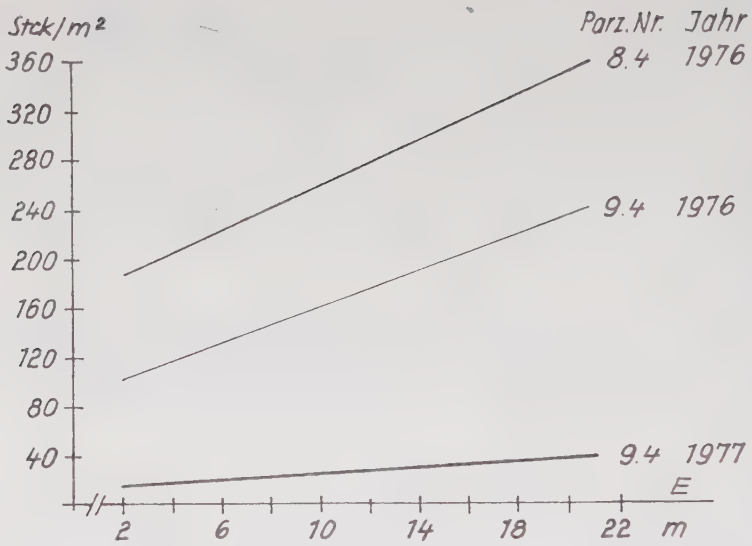


Abb. 26: Beziehungen zwischen der Dichte der keimfähigen Fichtensamen und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 51.

Auf die Tannensamen braucht in diesem Zusammenhang nur kurz eingegangen zu werden. Nennenswerte Dichten bildeten sich überhaupt nur im Samenjahr 1976 auf den beiden Parzellen 1.4 und 2.4 heraus, und das auch nur für die Gesamtzahl aller Samen. Statistische Analysen brachten keine Zusammenhänge der Dichtewerte mit der Position der Samenfänge im Femelloch zutage. Ein Blick auf das Verteilungsbild in Abb. 27 läßt denn auch erkennen, daß die aufscheinenden Ungleichmäßigkeiten wohl eher auf die Lage der relativ wenigen fruktifizierenden Altbäume zum Femelloch als auf einen systematischen Einfluß der untersuchten Art zurückzuführen waren.

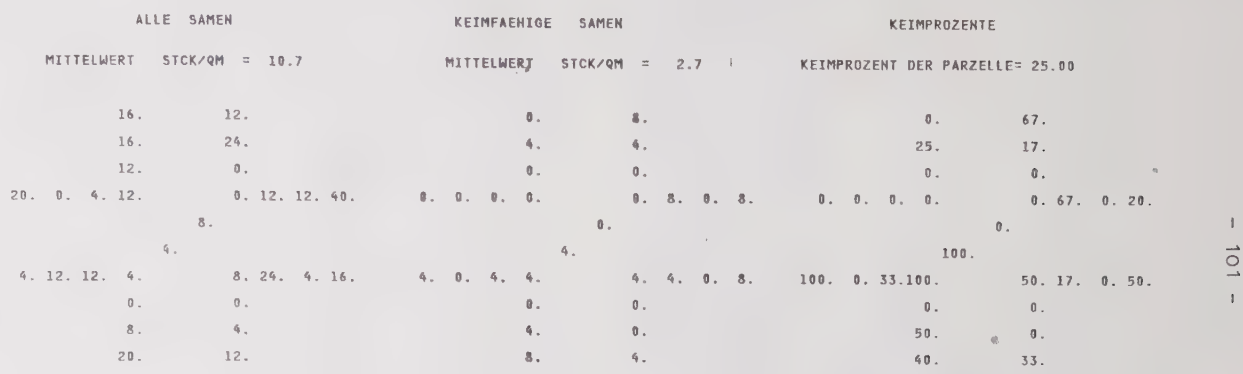


Abb. 27: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch.
Baumart: Tanne; Samenjahr: 1976; Parzelle: 1.4

Wenn sich für eine Baumart eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Dichte der Früchte und der Position des Samenfangs auf dem Femelloch herausbilden müßte, dann für die Buche mit ihren gewichtigen Eckern. Auf den beiden Femeln Nr. 1.4 und 2.4 ist das auch tatsächlich gut nachweisbar.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse sind aus den Abb. 28 und 29 sowie den Tab. 52 und 53 ersichtlich. Sie lassen den straffen Zusammenhang zwischen der Eckerndichte und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches klar erkennen.

Überraschend ist dagegen, daß selbst Bucheckern überall auf dem Femel von immerhin 30 m Durchmesser gefunden wurden. Die Verteilungsbilder in Abb. 30 und 31 lassen das gut erkennen. Zumindest für Jahre mit guter Fruktifikation und bei einigermaßen guter Verteilung der Mutterbäume müßte danach eine durchaus nennenswerte Besamung mit lebensfähigen Eckern selbst auf 30 m großen Femellöchern möglich sein.

Parz. Nr.	Regressionsgleichungen	B	Signifikanz	C %	n
1.4	log y = 0,742 + 0,067 E	0,49	xxx	26	30
2.4	log y = 0,563 + 0,061 E	0,56	xxx	24	30

Tab. 52: Beziehungen zwischen der Eckerndichte (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) im Mastjahr 1977 nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

Parz. Nr.	Regressionsgleichungen	B	Signifikanz	C %	n
1.4	y = 16,62 + 3,021 E	0,41	xxx	97	30
2.4	y = 3,539 + 0,867 E	0,35	xxx	95	30

Tab. 53: Beziehungen zwischen den Dichten der lebensfähigen Bucheckern (y) und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) im Mastjahr 1977 nach den Ergebnissen der Regressionsanalyse.

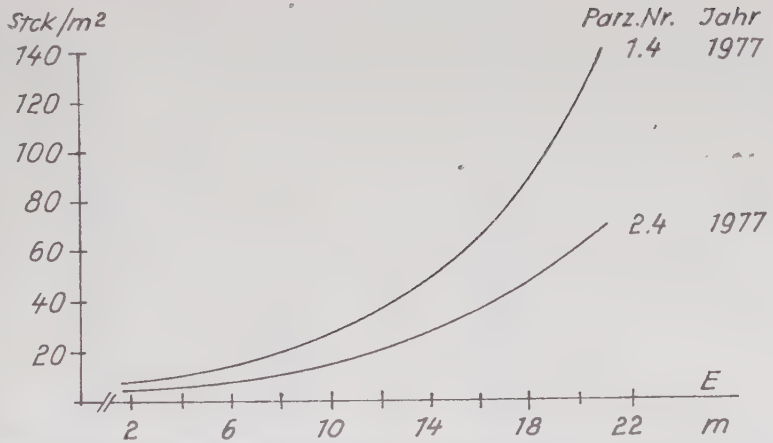


Abb. 28: Beziehungen zwischen der Eckerndichte und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E), nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 52.

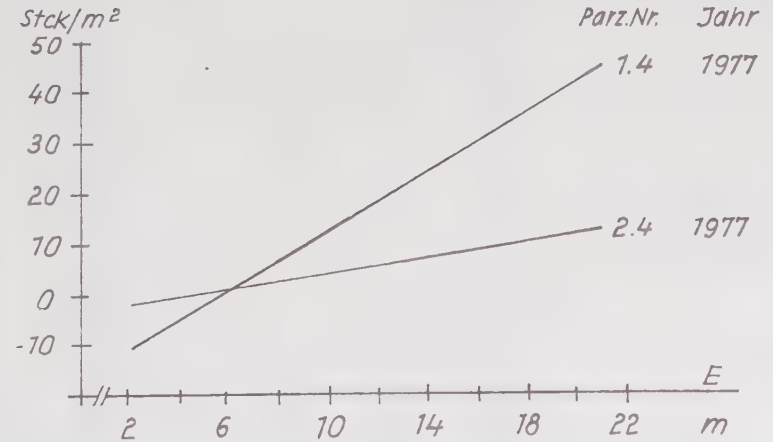


Abb. 29: Beziehungen zwischen der Dichte der lebensfähigen Bucheckern und der Entfernung vom Zentrum des Femelloches (E) nach den Ausgleichsfunktionen aus Tab. 53.

Abb. 30: Verteilungsbilder der Eckerndichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Buche; Samenjahr: 1977; Parzelle: 1.4; Beispiel für relativ große Dichten.

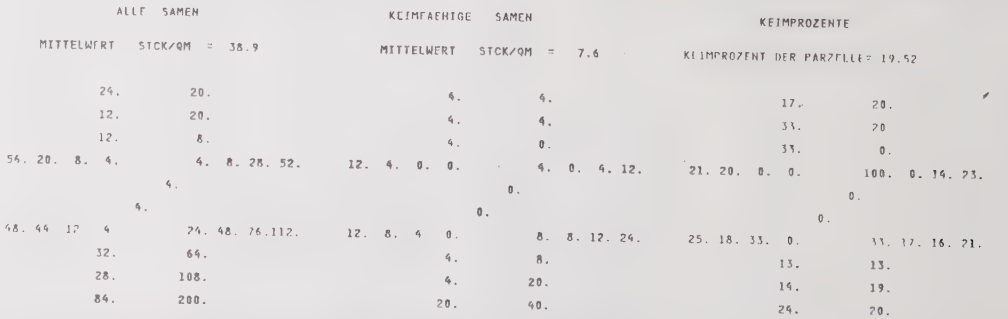


Abb. 31: Verteilungsbilder der Eckerndichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Buche; Samenjahr: 1977; Parzelle: 2.4; Beispiel für geringe Dichten.

Für den Ahorn haben die statistischen Analysen zu keinen Ergebnissen geführt, woraus entnommen werden muß, daß ein Zusammenhang zwischen der Dichte der Früchte am Boden und der Position im Femel nicht hergeleitet werden kann. Das ist deswegen auch nicht verwunderlich, weil die Mutterbäume dieser Art zu selten sind, als daß Gleichmäßigkeit der Verteilung von deren Früchten erwartet werden oder Abhängigkeiten der Verteilung von Faktoren, wie Entfernung zum Femelzentrum, sich herausbilden könnten. Aus diesem Befund kann jedoch keineswegs geschlossen werden, daß es um die Besamung von Femellöchern der hier angelegten Art schlecht bestellt sein müßte. Es kann vielmehr gesagt werden, und das ist aus den Verteilungsbildern in den Abb. 32 und 33 sehr gut ersichtlich, daß - sofern nur Samenbäume vorhanden und genügend Früchte gebildet worden sind - Femel von 30 m Durchmesser mit einem beachtlichen Verjüngungspotential - also lebensfähigen Früchten - versorgt werden.

Abb. 32: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Ahorn; Samenjahr: 1977; Parzelle: 1.4

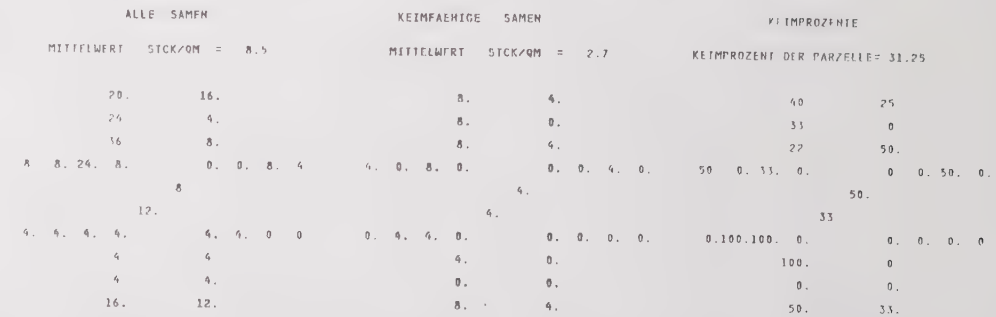


Abb. 33: Verteilungsbilder der Samendichten und Keimprozente auf einem Femelloch. Baumart: Ahorn; Samenjahr: 1977; Parzelle: 2.4

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Der Zapfenbehang und Fruchtansatz

Zapfenbehang bzw. Fruchtansätze bei Laubbäumen sind deshalb wichtige Indikatoren für den zu erwartenden Samen- und Fruchtfall im Herbst, weil sie früh erkennbar sind. Für den Samenhandel war es daher schon immer wichtig, aus dem Behang mit Baumfrüchten auf die Ernteaussichten zu schließen. Es sind einige Verfahren entwickelt worden, nach denen die Ernteaussichten angesprochen werden können. Die Fruktifikationsstärke in Beständen, die natürlich verjüngt werden sollen, so früh wie möglich zu kennen, ist jedoch auch waldbaulich sehr wichtig im Hinblick auf zu ergreifende Fällungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen zur Verbesserung der Ansamungsbedingungen. Deshalb wurden die zur Samenernte entwickelten Schätzverfahren auf ihre Anwendbarkeit für den genannten waldbaulichen Zweck geprüft.

Eines davon ist von MESSER, 1948, entwickelt worden, aber sehr aufwendig, weil es die Fällung von Probebäumen vorsieht, damit die daran gebildeten Zapfen gezählt werden können. Zur Vermeidung der Probefällungen, die im Gebirge besonders problematisch sind, wurde in den eigenen Untersuchungen eine Zählung der Zapfen von Fichte und Tanne am stehenden Baum mit Hilfe des Fernglases vorgenommen. Das Vorgehen ergibt wohl hinreichend genaue Resultate, es ist jedoch außerordentlich mühsam und ermüdend. Für Zwecke der forstlichen Praxis eignet es sich daher genauso wenig wie die Fällung von Probebäumen.

Ungenauer, aber dafür sehr viel einfacher in der Handhabung, sind die beiden Methoden des Reichsforstamtes (ROHMEDER, 1972) und das aus U.S.A. stammende von ZASADA u. VIERECK, 1970. Beide benützten statt absoluter Werte Schätzrahmen für den Zapfenbehang. Das Verfahren des Reichsforstamtes nutzt dabei die Erscheinung aus, daß mit abnehmender Fruktifikationsstärke insgesamt Blüten und Früchte immer

ausschließlicher an den herrschenden oder gar nur vorherrschenden Bäumen gebildet werden. Da es - von der Zielsetzung der Ernteeinschätzung her sehr einleuchtend - vor allem die guten Fruktifikationsjahre erkennbar macht, geringe, für Naturverjüngungsvorgänge aber wichtige, dagegen wenig differenziert wiedergibt, ist es für rein waldbauliche Zwecke nur wenig geeignet. Das in U.S.A. entwickelte Schätzverfahren hat demgegenüber den Vorteil, daß geringe wie große Zapfenbehänge mit gleicher Differenziertheit zum Ausdruck gebracht werden können. Für die eigenen Einschätzungen brachte es in jedem Fall die besten Resultate. Es könnte jedoch dadurch für die Verhältnisse Mitteleuropas verbessert werden, daß die Feincharakterisierung des Samenbehangs nicht auf a l l e Bäume des Bestandes bezogen wird, sondern daß das ganze durch unterschiedliche Bewertung der Baumklassen eine Differenzierung erfährt. Das erscheint um so aussichtsreicher, als sich in der Untersuchung - damit zahlreiche frühere Autoren bestätigend - erneut klar gezeigt hat, welche dominierende Rolle im Fruktifikationsprozeß die herrschende Baumschicht spielt (ERNST, 1930; SIEGL, 1953; MESSER, 1958; HAGNER, 1958).

Für das Laubholz mit seinen kleinen oder schwerer sichtbaren Früchten kommen zu einer halbwegs brauchbaren und auch praktisch durchführbaren Ansprache der Fruktifikationsstärke ohnehin nur solche groben, mit dem Fernglas vom Boden aus bestimmbaren Klassifizierungskriterien in Frage. Direkte Zählungen sind unmöglich.

Weitere Beobachtungen und Studien in dieser Beziehung erscheinen aber immerhin aussichtsreich.

Zur besseren Einschätzung der ermittelten Zapfendichten seien in der Folge - für die Fichte - noch einige Vergleiche mit Befunden anderer Erhebungen angeführt, nämlich der Untersuchung, die SIEGL, 1953, über die Vollmast des Jahres 1951 im Voralpengebiet gemacht hat und der Studie HEISEKEs, 1969, in einem Samenjahr mäßiger Stärke, 1964, aus dem Kaufunger Wald.

Autor	Baumart	Samenjahr	Zapfenzahl Tsd. Stück/ha	
SIEGL	Fichte	1951	37 bis 187	
HEISEKE	Fichte	1964	11 bis 20	
eigene Ergebnisse	Fichte	1976	1 bis 6	
			19 bis 35	(auf hochgelegenen Femelparzellen)
	Fichte	1977	3 bis 34	
	Tanne	1976	1 bis 4	

Die Daten lassen die große Breite erkennen, in der die Zapfenproduktion sich ereignet. Sie bestätigen zudem, daß die Fruktifikation auf den eigenen Versuchsflächen im allgemeinen gering war und nur auf wenigen Parzellen etwas höhere Größenordnungen erreichte. Bei solchen Vergleichen ist jedoch unbedingt im Auge zu behalten, daß die von SIEGL und HEISEKE mitgeteilten Daten aus Beständen stammen, in denen die Fichte entweder dem Anteil nach überwog oder in denen überhaupt nur Fichten vorkamen. Auf den eigenen Flächen - abgesehen von den hoch gelegenen Femeln - stockten dagegen Mischbestände, an denen die Altfichten mit schwankendem Anteil beteiligt waren.

Für die Tannenzapfen, die pro Hektar gebildet worden waren, gibt es keine Vergleichswerte. Sie sind deshalb in der obigen Zusammenstellung mit aufgeführt, damit deutlich wird, daß diese Baumart in wesentlich geringerem Umfang an der Fruktifikation des Beobachtungsraumes beteiligt war als die Fichte.

5.2 Dichten der Samen und Früchte

Über die Dichte und Verteilungen, in denen Samen und Früchte an den Boden gelangen, ist überraschend wenig bekannt (ROHMEDER, 1972). Das ist einmal auf die Schwierigkeit der Erfassung zurückzuführen; zum anderen ist das aber auch eine Folge der geringen Aufmerksamkeit, die den Naturverjüngungsprozessen im Wald in der waldbaulichen Forschung in Mitteleuropa bisher gewidmet worden ist. Die eigenen Ergebnisse lassen sich daher nur mit relativ wenigen Befunden anderer Autoren vergleichen.

Zur Fichte sei zunächst eine Zusammenstellung von Ergebnissen vorangestellt (Tab. 54), die von der Aufnahmemethodik her mit den eigenen verglichen werden können. Allerdings überwiegen darin Resultate aus Finnland, deren Aussagekraft für unseren Raum nicht recht zu beurteilen ist.

Gebiet	Höhe ü.NN m	Bestandesalter Jahre	Samenjahr	alle Samen Stück/m^2	volle Samen Stück/m^2	volle Samen % aller Samen	Autor
Finnland	106	90	1929	551	353	64	SARVAS, 1957
			30	22	0	0	
			32	54	26	48	
			34	220	137	62	
			35	39	6	15	
			37	29	21	72	
			42	192	150	78	
			46	61	24	39	
			47	25	4	16	
			48	42	12	29	
			49	50	14	28	
			52	131	52	40	
			55	322	271	84	
	120	100	1929	131	68	52	HEIKINHEIMO, 1932
	140	180		189	66	35	
	160	120		166	61	37	
	212	120		142	62	44	
Schweiz	2000	-	1962	231	102	44	KUOCH, 1965
	1850	-	1958	280	-	-	FISCHER et al.,1959
Hessen	400	121	1964	271	141 x)	52	HEISEKE, 1969
	550	115	1964	136	65 x)	48	

Tab. 54: Dichten und Vollkornprozente von Fichtensamen nach Angaben verschiedener Autoren.

x) Da HEISEKE Keimprüfungen ausgeführt hat, handelt es sich in diesem Fall um keimfähige Samen.

In keinem der Untersuchungsbestände, aus denen diese Zahlenreihe stammt, waren die Samendichten besonders groß. Das gilt jedenfalls, wenn als Maßstab Werte zugrunde gelegt werden, wie sie von ERNST, 1930, SIEGL, 1953, und MESSER, 1958, für gute bis sehr gute Samenjahre errechnet worden sind. Diese Autoren berechneten aus Zapfenzahlen, die nach Auszählungen an gefällten Probebäumen hochgerechnet und mit den durchschnittlichen Samenzahlen pro Zapfen multipliziert worden waren, folgende theoretischen Samendichten (Vollkörner) pro Quadratmeter:

A u t o r	Samen pro m^2
ERNST	1 000
SIEGL	700 - 2 000
MESSER	1 600

Auch die eigenen Befunde bleiben selbst in den Beständen, in denen die Fruktifikation einigermaßen ausgeprägt war, weit hinter solchen Werten zurück. Die höchste Dichte, die überhaupt gefunden wurde - auf Parzelle 5.0 - erreichte mit 370 keimfähigen Samen nur die Hälfte des niedrigsten Wertes der obigen Reihe. Bei solchen Vergleichen ist jedoch zweierlei einschränkend zu bedenken. Zum einen - im Zusammenhang mit den Zapfen war schon darauf hingewiesen worden - daß diese sehr hohen Dichtewerte aus Reinbeständen von Fichte stammen oder doch wenigstens ganz überwiegend aus dieser Baumart zusammengesetzt waren, während die eigenen fast immer in stark gemischten Beständen ermittelt wurden. Außerdem müssen Hochrechnungen der beschriebenen Art deswegen zu überhöhten Werten führen, weil dabei außer acht gelassen wird, daß ein beträchtlicher Teil der Samen nicht aus den Zapfen ausfliegt, sondern erst mit diesen zusammen bei deren Abfall an den Boden gelangt. Nach Erhebungen von HEISEKE, 1969, trifft das auf etwa 20 % aller Samen zu. Außerdem konnte er zeigen, daß beträchtliche Zapfenmengen abfielen bevor der Samenflug überhaupt begonnen hatte; die darin enthaltenen Samen erscheinen daher bei den Dichteermittlungen in Fangkästen auch nicht mehr. In seiner Untersuchung aus dem Samenjahr 1964 waren zwischen 10 und 25 % aller Samen davon betroffen.

Aber auch wenn diese Einschränkungen gemacht werden, läßt sich sagen, daß die Samendichten auf den eigenen Versuchsparzellen weit unter Maximalwerten blieben. Jedoch - und das erscheint hier wichtig - befinden sie sich durchaus in einem Dichterahmen, wie er sich nach nicht sehr starken Samenjahren in fichtenbeherrschten Wäldern herausbildet. Läßt man einmal die Kahlflächen aus der Betrachtung heraus, so stellen die Dichten zwischen 40 und 400 keimfähigen Samen pro Quadratmeter in nur zwei Beobachtungsjahren ein beachtliches Verjüngungspotential dar.

Bemerkenswert ist auch die Beobachtung, daß in zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungsjahren, wenn auch in sehr unterschiedlicher Dichte, Fichtensamen produziert wurden. Ein Blick auf Tab. 54, in der der einzige Fall - wenn auch aus Finnland - langfristiger Beobachtungen der Samenproduktion im gleichen Bestand mitgeteilt wird, läßt erkennen, daß dort 13mal in 26 Jahren Samen fielen, wenn auch in sehr unterschiedlicher Dichte. Dieser Häufigkeit entspricht auch der Befund auf den eigenen Versuchsflächen. Das gilt um so mehr, als zwar im Anschluß an den eigenen Beobachtungszeitraum die Samenjahre 1978 und 1979 ohne nennenswerten Ertrag blieben, jedoch 1980 dem Zapfenbehang nach zu urteilen eine Fruktifikation von der Stärke zu erwarten ist, wie sie 1977 beobachtet wurde, so daß in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren 3mal Fichtensamen an den Boden gelangten.

Tannensamen fielen nur im ersten Jahr des Beobachtungszeitraums. Sie erreichten lediglich auf wenigen Parzellen größere Dichten. Das gilt insbesondere, wenn nur die keimfähigen betrachtet werden. Da es keinerlei Informationen darüber gibt, welche Samungsdichten in Tannen- oder Tannenmischbeständen zu erwarten sind, kann der Befund des Jahres 1976 nicht weiter kommentiert werden. Dazu sind zusätzliche Beobachtungsjahre auf den Versuchsflächen erforderlich. Sicher kann nur gesagt werden, daß selbst das ausgesprochen mäßige Fichtensamenjahr 1976 ein größeres Verjüngungspotential geliefert hat als das Tannensamenjahr 1976.

Bessere Vorinformationen stehen wieder über die Fruktifikation der Buche zur Verfügung. Sie sind in Tab. 55 zusammengestellt. Da sie ausnahmslos aus reinen oder fast reinen Buchenbeständen der Mittelgebirge stammen, können sie mit den eigenen Ergebnissen allerdings wieder nur bedingt verglichen werden, weil diese Baumart auf den Versuchsflächen nur mit Grundflächenanteilen von 2 bis 40 % vorkam. Eine Hochrechnung der Eckerndichten anhand dieser Grundflächenanteile, wie sie naheliegend erscheinen könnte, würde auch nicht zu befriedigenden Resultaten führen, da die Buche in erheblichem Umfang unter- und zwischenständig an den Beständen beteiligt war. Wie dem aber auch im einzelnen sei, so muß doch festgehalten werden, daß das im Untersuchungszeitraum - und zwar ausschließlich im Mastjahr 1977 - an den Boden gelangte Verjüngungspotential der Buche nicht sehr groß war, und zwar weder absolut betrachtet, noch im Vergleich zu den Verhältnissen in den Buchengebieten der Mittelgebirge.

Auch Ahornfrüchte wurden - mit Ausnahme einer Parzelle - nennenswert nur im Samenjahr 1977 gebildet. Sie ergaben Dichten am Boden, die zwischen 1 und 26 keimfähigen Samen pro Quadratmeter lagen. Diese Zahlen können nur mit einem einzigen Befund aus der Literatur verglichen werden. Dieser stammt von FAUST, 1963, in den Edellaubholz-Buchenbeständen des Göttinger Waldes erarbeitet. Nach einem Jahr ohne jeden Ertrag fielen dort im Samenjahr 1960 um die 50 lebensfähige Ahornfrüchte pro Quadratmeter. Nimmt man diesen Wert als Maßstab, so kann das Beobachtungsjahr 1977 allenfalls als mäßig ergiebig eingestuft werden. Auch bei dieser Aussage bleibt allerdings unbedingt zu bedenken, daß die Frage des Anteils der Baumart am Hauptbestand alle Vergleiche erschwert, wenn nicht fragwürdig macht. Mehr Sicherheit in der Beurteilung aller Fruktifikationsvorgänge kann nur von einem längeren Beobachtungszeitraum erwartet werden, in dem auch Jahre stärkster Fruktifikation vorkommen.

Gebiet	Höhe ü.NN m	Bestandes-alter Jahre	Samen-jahr	alle Eckern Stück/m²	gesunde Eckern Stück/m²	gesunde Eckern % aller Eckern	Autor
Niedersachsen	450	120	1958	91	73	80	BURSCHEL, 1961
	320	148		199	147	74	
	340	160	1958	115	64	56	BURSCHEL, 1966
			1960	269	216	80	
			1962	115	64	56	
			1964	160	100	63	
	270	163	1972	104	81	78	RÖHRIG, 1975
			1974	87	62	71	
Schleswig-Holstein	30	147	1960	676	576	85	BURSCHEL et al., 1964
Schweiz	800	70	1942	302	-	-	OBERLI, 1944

Tab. 55: Dichten von Bucheckern nach Angaben verschiedener Autoren.

Noch weniger Information als über die Besamungsdichte in Naturverjüngungsbeständen ist über die Verteilung der Samen und Früchte am Boden aus der Literatur zu entnehmen. Lediglich in einer sehr interessanten Studie über die Besamungsverhältnisse im Bereich des subalpinen Fichtenwaldes der Schweizer Alpen haben FISCHER et al. 1959 darauf hingewiesen, daß ihre Ergebnisse einen Verteilungsmodus der Samen erkennen lassen, der durch die negative Binomialverteilung wiedergegeben werden kann. Tatsächlich ist die negative Bionomialverteilung häufig gefunden worden, wenn es um Verjüngungspflanzen ging: FORSTER u. SLEIK, 1974, MÜLLER-USING, 1973. Und es ist in diesem Zusammenhang besonders interessant, daß auch die Verjüngungspflanzen, die sich auf den hier dargestellten Versuchsflächen eingestellt haben, nicht selten negative Binomialverteilungen bildeten, wie van LAAR, 1980, in einer eingehenden Studie nachgewiesen hat.

Sie ist jedoch nicht die einzige der theoretischen Verteilungen, die zur Beschreibung der Anordnung von Pflanzen oder auch Samen am Boden in Frage kommt. Vereinfacht ausgedrückt kann sich die Verteilung der Samen am Boden folgendermaßen darstellen. Bei großen Samenmengen und gleichmäßiger Verteilung der Samenbäume über die Fläche wäre es denkbar, daß reiner Zufall bestimmt, ob auf einem Ausschnitt der Bodenoberfläche mehr oder weniger Samen fallen als dem Mittel entspricht. Es könnte sich dann eine Normalverteilung herausbilden, wie es für die Streu meist die Regel war. Ist - wie im genannten Fall - die Wahrscheinlichkeit, mit Samen versorgt zu werden, für jeden Fangkasten gleich groß, die absolute Samendichte jedoch gering, so stellt sich eher eine Poisson-Verteilung ein. Sehr häufig ist jedoch die Wahrscheinlichkeit, mit Samen oder Früchten versorgt zu werden, keineswegs für alle Fangkästen gleich. Vielmehr sorgen Faktoren, wie ungleichmäßiges Vorkommen der Samenbäume auf den VErsuchsflächen, unterschiedlicher Zapfenbehang, gute oder schlechte Flugfähigkeit der Samen, Witterung in der Fallzeit usw., für eine Bevorzugung einiger Stellen am Boden gegenüber anderen. Das Ergebnis sind dann Klumpungen der Samendichten. Solche geklumpten Verteilungen - deren Varianz größer ist als der Mittelwert - lassen sich oft durch die negative Binomialverteilung ausgleichen, viel häufiger aber ergibt sich keine sinnvolle Beziehung zu einer der theoretischen Verteilungen, was in den eigenen Untersuchungen oft aufgetreten ist.

Diese Überlegungen sollen unterstreichen, daß die Dichtewerte von Samen-Verteilungen nur bedingt als Ausdruck des Verjüngungspotentials gelten können, das sich in einem Bestand herausgebildet hat. Es ist daher hier nicht nur versucht worden, die für ein gegebenes Mittel am besten passende theoretische Verteilung zu bestimmen - sofern überhaupt eine Anpassung möglich war -, sondern jedem Mittelwert sind etliche, die Verteilung charakterisierende Kennwerte vom Klumpungsindex bis zum Exzeß beigegeben worden. Das ist deswegen so bedeutsam, weil das Dichtemittel der keimfähigen Samen oder Früchte je Parzelle immer die Bezugsgröße sein muß für die Beurteilung des gesamten Verjüngungsprozesses, wie sie

in dieser Untersuchung angestrebt wird. Trotzdem aber bleibt die Charakterisierung des Musters, mit dem die Samen sich am Boden verteilen, immer noch unbefriedigend. Um hier etwas mehr Klarheit zu schaffen, sind für alle Parzellen Verteilungsbilder angefertigt worden, aus denen rein optisch ersichtlich ist, ob und wo es auf jeder Parzelle zu größeren Ungleichmäßigkeiten gekommen ist. Sie erlauben später einen zusätzlichen Vergleich mit ähnlichen Verteilungsbildern der Verjüngungspflanzen auf den Parzellen.

Besonders wichtig ist die Frage der Besamungsdichte und der Samenverteilung auf Femelschlägen. Für die hier untersuchten Gebirgsfemel von 30 m Durchmesser können dazu einige Aussagen gemacht werden. Untersuchungen anderer Autoren zu diesem Komplex sind allerdings bisher nie auf Femellöchern, sondern immer an Altholzrändern auf Saumschlägen gemacht worden. Es mag hier genügen, einige Beispiele für die Fichte anzuführen. HESSELMANN, 1939, hat in Schweden die Samenverteilung von einem geschlossenen Bestand aus auf eine Kahlfläche beobachtet und dabei festgestellt, daß sich 30 m vom Bestandesrand entfernt noch mehr als 60 % der Samendichte einstellte, die im Inneren des gleichen Bestandes gemessen worden war. 1934 war das Ergebnis dagegen ein deutlich anderes: In 15 m Entfernung vom Rand wurden noch etwa 35 % und in 20 m nur noch 17 % gefunden.

HEISEKE, 1969, zählte auf einem gut 20 m breiten Saum im Mittel noch etwa 50 % der Samenmenge, die im Bestandesinneren fiel. Trotz der großen Unterschiedlichkeit solcher Werte kann in jedem Fall angenommen werden, daß Löcherhiebe in großen, sonst geschlossen bleibenden Altholzkomplexen mit einem genügend hohen Anteil von Samenbäumen gut mit leicht beweglichen Samen versorgt werden. Das war auch im vorliegenden Fall nachweisbar.

Da der Transport von Samen u.a. eine Funktion ihrer Flugfähigkeit, ausgedrückt durch die Sinkgeschwindigkeit in m/s, der Abflughöhe vom Baum und der Windgeschwindigkeit ist, wird die tatsächliche Transportentfernung von Fall zu Fall starken Schwankungen unterliegen. Deshalb ist es auch nicht sinnvoll, die Verbreitungsweite

etwa durch Formeln, in die diese Faktoren eingehen, berechnen zu wollen, wie dies etwa ROMBAKIS, 1947, versucht hat.

Die Sinkgeschwindigkeit und damit die Flugfähigkeit der Samen verschiedener Baumarten ist außerordentlich unterschiedlich, wie KOHLERMANN, 1950, für die hier interessierenden Arten zeigen konnte:

Baumart	mittlere Sinkgeschwindigkeit m/s
Fichte	0,83
Lärche	1,00
Tanne	1,25
Ahorn	1,00
Esche	1,45

5.3 Der Samenfall

Über den Verlauf des Fichtensamenfalls im Alpenraum ist wenig bekannt. SCHMIDT-VOGT, 1964, dessen Untersuchungen in der Nähe unseres Untersuchungsgebiets durchgeführt wurden, stellte fest, daß der Wassergehalt der Zapfen im Herbst die meiste Zeit kontinuierlich absank. Diese Kontinuität wurde aber immer wieder durch kurzzeitige Austrocknungsschübe unterbrochen, die zu den wesentlichen Wasserverlusten führten. Wärme, niedere relative Luftfeuchtigkeit und trockener Wind, wie sie bei Föhnwetter herrschen, können zu einem Samenflug im Herbst führen. Erfahrungen aus der forstlichen Praxis (SCHMIDT-VOGT, 1964; ROHMEDER, 1972) bestätigen dieses Ereignis.

Bei den eigenen Untersuchungen setzte nennenswerter Fichtensamenflug schon Mitte Oktober ein. Im ersten Untersuchungsjahr flogen 40 - 70 % der keimfähigen Fichtensamen im Herbst. Im darauffolgenden Winter fielen 30 - 60 % der keimfähigen Fichtensamen, während dann im Frühjahr nur noch geringere Mengen an Fichtensamen auf den Boden gelangten. Im zweiten Untersuchungsjahr lag jedoch das Schwergewicht des Samenflugs in den Wintermonaten. Bis zu 80 % der Samen flogen in dieser Zeit aus. Im Herbst fielen nur 10 %, bei einigen

Versuchsparzellen bis 25 % der keimfähigen Samen und in den Frühjahrs- und Sommermonaten etwa 20 %. Beide Untersuchungsjahre waren dadurch charakterisiert, daß der Fichtensamenflug über eine lange Zeitspanne verlief.

Untersuchungen anderer Autoren ergaben dagegen einen ganz anderen Verlauf des Fichtensamenflugs als er von uns beschrieben wurde. Schon im Voralpengebiet verläuft der Fichtensamenflug anders. KOHLERMANN, 1950, berichtet von einem Fichtensamenflug im Jahr 1949 bei Freising/Bayern. Der Samenflug begann Ende Februar und endete Ende April. Die Hauptflugperiode erstreckte sich über den Zeitraum vom 22. 3. bis 4. 4. In diesem Zeitraum sind 73 % der Fichtensamen ausgeflogen. In Norddeutschland beginnt der Fichtensamenflug noch später. Nach HEISEKE, 1969, setzte der Samenflug 1965 erst Anfang April ein. Der stärkste Samenfall vollzog sich im Mai mit über 40 % der Gesamtmenge und erst bis Ende Juni waren mehr als 80 % der Fichtensamen gefallen. Bis zum folgenden Januar flogen immer noch vereinzelt Fichtensamen aus.

Über den Verlauf des Tannensamenfalls gibt es keine Literaturangaben. Auch ist nicht bekannt, wie der Fall der Buchen- und Ahornfrüchte im Alpengebiet verläuft. In der Literatur findet man solche Angaben nur für Norddeutschland. Hier wird lediglich ein Beispiel von Buche und eines von Ahorn erwähnt.

Nach BURSCHEL, 1961, begann der Fall der Bucheckern in einem Göttinger Buchenwald im Jahr 1960 in den letzten Septembertagen und verlief langsam bis zum 5. Oktober. In den darauffolgenden zwei Wochen gelangten 65 % der Gesamteckern auf den Boden, und bis Dezember fielen noch 24 % der Gesamteckern. Im Januar und Februar wurden noch einige Eckern registriert. Der Fall der Ahornfrüchte zog sich nach FAUST, 1963, in Norddeutschland über zehn Wochen hin (7.9. - 18.11.1960) mit Höhepunkten in den ersten zwei Oktoberwochen und in der ersten Novemberwoche. Der für Norddeutschland beschriebene Fall der Buchen- und Ahornfrüchte weicht nicht wesentlich von dem von uns festgestellten ab. Die Hauptfallzeit der Buchen- und Ahornfrüchte liegt nach unseren Untersuchungen im Oktober und November.

6. Zusammenfassung

6.1 Im Bereich des Forstamtes Ruhpolding/Oberbayern wurden im Sommer 1976 acht Versuchsflächen in geschlossenen Altbeständen des Bergmischwaldes angelegt. Eine davon ist besonders umfangreich. Sie besteht aus 10 Parzellen. Vier weitere sind aus je 2 Parzellen zusammengesetzt, und die drei übrigen bestehen nur aus einer Parzelle.

Auf den Versuchsparzellen sind verschiedene waldbauliche Eingriffe vorgenommen worden:

- Kontrolle: kein Eingriff (6 Parzellen),
- schwacher Schirmhieb: Entnahme von etwa 30 % der Grundfläche (2 Parzellen),
- starker Schirmhieb: Entnahme von etwa 50 % der Grundfläche (6 Parzellen),
- Femelhieb: Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser (4 Parzellen),
- Kahlhieb: Vollständige Räumung des Altbestandes (2 Parzellen).

Jede Versuchsparzelle besteht aus einer Kernfläche von 33 x 33 m und ist von einem Umfassungsstreifen, der Randeffekte ausschließen soll, umgeben. 30 Samenfänge von je 0,25 m^2 Größe wurden in systematischer Verteilung auf einem 726 m^2 großen Teil der Kernfläche ausgelegt. Auf den Femelhiebparzellen haben die 30 Samenfänge eine kreuzförmige Anordnung.

Die Versuchsflächen repräsentieren unterschiedliche Standorte hinsichtlich Boden, Höhenlage, Exposition und Pflanzengesellschaft.

Weitere Unterschiede der Versuchsflächen sind durch die aufstockenden Bestände bedingt, die sich als ungemein vielgestaltig und heterogen erwiesen.

6.2 Die Versuchsflächen wurden zwei Jahre lang beobachtet (September 1976 bis August 1978). Im September 1976 und 1977 wurde der Zapfenbehang an Fichte und Tanne auf jeder Kernfläche durch Zählungen vom Boden aus mit Hilfe eines Fernglases ermittelt.

Die Samenfänge wurden im Herbst jede zweite Woche geleert. Im Winter fanden keine Leerungen statt. Im Frühjahr und Sommer wurden die Samenfänge einmal pro Monat geleert.

Die Anzahl der Samen wurde für jeden Samenfang nach Baumarten getrennt registriert. Die Samenqualität wurde getrennt nach Baumart, Parzelle und Aufnahmetermin jeweils anhand einer Mischprobe aus allen Samenfängen nach den ISTA-Vorschriften untersucht.

6.3 Im Untersuchungszeitraum fruktifizierten die Bestände zweimal: schwach im Jahr 1976 und deutlich stärker 1977.

Die Einschätzung der Fruktifikation erfolgte im Anhalt an drei Verfahren: Nach den Richtlinien des ehemaligen Reichsforstamtes von 1941, nach einem System von MESSER, 1948, und einem System aus den U.S.A. von ZASADA und VIERECK, 1970. Dabei wurde festgestellt, daß das aus U.S.A. stammende Klassifizierungssystem für die Einschätzung auch geringerer Fruktifikationen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Aussichten für eine Naturverjüngung besser geeignet ist als die anderen.

Zapfen trugen bei der Fichte sowie bei der Tanne fast ausschließlich die herrschenden Bäume. Im ersten Jahr bildeten die beiden hochgelegenen Femelparzellen erhebliche Mengen von Zapfen, um die 30 % einer Vollernte, während auf allen anderen Parzellen nur geringer Zapfenbehang festzustellen war. Die zwei Femelflächen brachten 35 bzw. 19 tausend Zapfen pro Hektar, die anderen Parzellen zwischen eintausend und sechstausend. Im Folgejahr hatten die Fichten auf allen Parzellen einen Zapfenbehang von um die 20 % einer Vollernte oder, in absoluten Zahlen ausgedrückt, zwischen 4 und 34 tausend Zapfen pro Hektar. Die Tanne fruktifizierte praktisch nur im Jahr 1976, und zwar sehr

gering. Zwischen 200 und 2.300 Zapfen pro Hektar wurden ermittelt. Eine Ansprache der Fruktifikation der Buche und des Ahorns im Jahr 1977 wurde nicht unternommen.

Die beachtlichen Unterschiede der Zapfenzahlen von Parzelle zu Parzelle sind damit zu erklären, daß die einzelnen Versuchsparzellen unterschiedlich dicht mit Fichten und Tannen bestockt sind. Bei einem Vergleich der Zapfenzahl pro fruktifizierendem Baum sowie der Zapfenzahl pro Quadratmeter Grundfläche tritt eine beachtliche Homogenität zutage.

Der Zusammenhang zwischen der Zapfendichte und der tatsächlich gefundenen Samendichte am Boden ist sehr straff.

6.4 Die Fichte fruktifizierte 1976 nur gering. Jedoch wurden immerhin Samendichten bis 145 Stück/m^2 ermittelt und auf den hochgelegenen Femellöchern sogar bis 700 Stück/m^2. Im zweiten Beobachtungsjahr lagen die Samendichten mit Werten bis 870 Stück pro m^2 bedeutend höher.

Tannensamen sind im Beobachtungszeitraum nur in begrenztem Umfang gefallen. Ihre Dichte war nur im Jahr 1976 von praktischer Bedeutung, wo das Schwergewicht zwischen 10 und 20 Stück/m^2 lag.

Die Buche hat im Jahr 1976 nicht fruktifiziert. Im zweiten Untersuchungsjahr betrugen die Dichten der Bucheckern nur zwischen 10 und 82 Stück/m^2. Lediglich auf einer Parzelle wurden Werte um 150 Stück/m^2 ermittelt.

Der Ahorn hat im ersten Untersuchungsjahr - mit Ausnahme einer Parzelle - kaum Früchte produziert. Im zweiten Untersuchungsjahr fanden sich dagegen deutlich mehr. Dichten bis zu 84 Stück pro m^2 wurden gezählt.

Die beachtlichen Dichten der Samen und Früchte zeigen, daß die Samenproduktion im Bergmischwald wohl ein permanenter Vorgang ist, durch den auch in den Jahren mit geringerer Fruktifikation ein Minimalangebot an Samen zur Verfügung gestellt wird.

Eine Beeinflussung der Samendichten durch die verschiedenen Lagen (Standorte) der Versuchsflächen wurde nicht festgestellt. Auch die Samendichten auf waldbaulich verschieden behandelten Parzellen unterschieden sich nur im Falle der Fichtensamen des Samenjahres 1977 signifikant, wobei der Unterschied jedoch nur durch die erhebliche Diskrepanz der Dichten auf den Kahlflächen und den bestockten Parzellen zustandekam.

6.5 Eigentlich nur bei den Fichtensamen liegen die Standardfehler in einem Bereich, der den zugehörigen Mittelwerten eine im Rahmen von Untersuchungen der vorliegenden Art ausreichende Zuverlässigkeit verleiht. Bei den Samen zeigt sich zwar fast immer eine Klumpung, jedoch lagen die Klumpungsindizes oft gar nicht besonders hoch.

Die Überprüfung aller empirisch gefundenen Verteilungen auf ihre Anpassung an theoretische Verteilungen zeigte, daß etliche der empirischen Verteilungen der Gauss-Verteilung folgten. Etwas häufiger sind die Fälle, in denen eine Anpassung an negative binomiale Verteilungen gegeben ist. Die Poisson-Verteilung bekam immer dann besonderes Gewicht, wenn die Samendichten absolut niedrig lagen. In allen Beobachtungsjahren und für alle Samenarten hat es sehr viele Fälle gegeben, in denen überhaupt keine Beziehung zwischen empirischen und den drei hier untersuchten theoretischen Verteilungen festzustellen war. Das bedeutet aber nicht, daß ein unbefriedigendes Verjüngungspotential vorhanden ist.

6.6 Entsprechend der Gesamtzahl der Samen und Früchte sind die Dichten der keimfähigen Samen bzw. der lebensfähigen Früchte. Durchaus beachtliche Mengen keimfähiger Samen hat im Beobachtungszeitraum die Fichte produziert. Alle anderen Baumarten haben sehr viel geringere Mengen keimfähiger Samen bzw. lebensfähiger Früchte gebracht als die Fichte.

Werden die Summen aller keimfähigen Samen - unabhängig von der Baumart - zusammengezählt, so ergibt sich für den durch kein spektakuläres Samenjahr gekennzeichneten Beobachtungszeitraum ein überraschend großes Verjüngungspotential.

Nur die Dichten der keimfähigen Fichtensamen im Jahr 1977 wurden durch die verschiedenen Lagen der Versuchsflächen und durch die waldbauliche Behandlung der Altbestände beeinflußt. Dieser Befund ist aber im wesentlichen auf die Unterschiedlichkeit der Zusammensetzung der Altbestände zurückzuführen.

6.7 Die Keimprozente der Fichtensamen lagen überwiegend zwischen 30 - 40 %. Zwischen den Keimprozenten und den Samendichten bestand keine Beziehung. Das Keimprozent der Fichtensamen im Samenjahr 1976 sowie im Samenjahr 1977 war auf den unterschiedlich überschirmten Parzellen einheitlich im statistischen Sinne. Die verschiedene Lage der Versuchsflächen hat die Keimprozente der Fichtensamen im Jahr 1976 nicht beeinflußt. Im Samenjahr 1977 dagegen sind die Unterschiede des Keimprozentes auf den verschiedenen Versuchsflächen signifikant. Zur Erklärung dieses Ereignisses können nur Vermutungen angestellt werden.

Für die Tannensamen ist eine signifikante Korrelation zwischen den Samendichten und den Keimprozenten, die zwischen 14 und 35 % schwankten, nachweisbar.

Im Samenjahr 1977 waren zwischen 34 und 54 % der Gesamtbucheckern lebensfähig. In diesem Jahr ist ein Zusammenhang zwischen den Dichten der Bucheckern und ihrer Lebensfähigkeit sowie ein Einfluß der Überschirmung und der verschiedenen Standorte der Versuchsflächen auf die Lebensfähigkeit der Bucheckern nicht nachweisbar.

6.8 Eine Abnahme der Samendichten mit zunehmender Entfernung vom Bestandesrand wurde festgestellt. Das gilt besonders für die gewichtigen Bucheckern. Die zentralen Teile der Femel wurden immer noch von beachtlichen Samenmengen der Baumarten mit leicht

beweglichen Samen erreicht. Es kann in jedem Fall angenommen werden, daß Löcherhiebe von 30 m Durchmesser in geschlossene Bestände gut mit Samen versorgt werden, wenn eine genügende Anzahl von Samenbäumen am Bestandesrand steht.

6.9 Die Fichtensamen erwiesen sich im Untersuchungsgebiet entweder als ausgesprochene Herbst- und Winter- oder als Winter- und Frühjahrsflieger. Untersuchungen anderer Autoren, u.a. auch im Voralpengebiet, ergaben dagegen einen ganz anderen Verlauf des Fichtensamenflugs.

Die Hauptfallzeit der Tannensamen, der Bucheckern und der Ahornfrüchte lag im Oktober und November und weicht nicht wesentlich von den Befunden anderer Autoren ab.

Der Streufall setzt vor dem Fall der Samen ein. Die Tannensamen, die Bucheckern und die Ahornfrüchte fielen in frische Streu und wurden von nachfolgenden Streumengen bedeckt, während die Fichtensamen in die oberen Lagen der Winterstreu gelangten oder auch erst nach Abschluß der Hauptperiode des Streufalls ausflogen.

Für diesen Teil der Untersuchungen muß allerdings offen bleiben, ob überhaupt mit dem Ablauf des Samen- und Streufalls irgendein das Verjüngungspotential beeinflussender Effekt wirklich verbunden ist.

6.10 Der Effekt der waldbaulichen Eingriffe in dem Altbestand ist an der Streuproduktion klar erkennbar. Auffällig sind auch die Unterschiede, die sich in den beiden Beobachtungsjahren auf der jeweils gleichen Parzelle herausgebildet haben.

Der Anteil der Trockensubstanz aller organischen Teile (Samen, Früchte, Blütenreste, Zapfen, Buchenkapseln usw.), die mit der Fruktifikation der Bestände zusammenhängen, betrug bis zu 25 % der Gesamtstreu und nimmt absolute Werte bis 750 kg/ha an, wobei nur um 10 % davon die Samen und Früchte ausmachen.

7. Literaturverzeichnis

BAYER. (Kgl.) MINISTERIAL-FORSTBUREAU — 1861: Forstverwaltung Bayerns. 531 S.

BURSCHEL, P. — 1961: Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Buche. Allg. Forstzeitschr. 16, 108-113.

BURSCHEL, P. — 1966: Untersuchungen in Buchenmastjahren. Forstwiss. Centralbl. 85, 204-219.

BURSCHEL P., HUSS, J. und KALBHENN, R. — 1964: Die natürliche Verjüngung der Buche. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen 34, 186 S.

DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (Hrsg.) — 1975: Monatlicher Witterungsbericht für Südbayern.

DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (Hrsg.) — 1976: Monatlicher Witterungsbericht für Südbayern.

DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (Hrsg.) — 1977: Monatlicher Witterungsbericht für Südbayern.

DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (Hrsg.) — 1978: Monatlicher Witterungsbericht für Südbayern.

DEUTSCHER WETTERDIENST - ZENTRALAMT (Hrsg.) — 1962: Die Schneedecke in der Bundesrepublik Deutschland (Tabellen). 456 S.

EICKE, G. — 1977: Mündliche Mitteilung.

EIDE, E. — 1930: The influence of summer temperature on the seed germination of Norway spruce. Medd. Norsk. Skogsv. 12, 473-506.

ERNST, F. 1930: Der Samenertrag von Fichtenbeständen im Jahre 1929/30. Forstwiss. Centralbl. 52, 503-512.

FAUST, H. 1963: Waldbauliche Untersuchungen am Bergahorn. Dissertation Univ. Hann. Münden. 145 S.

FISCHER, F., SCHMID, P. und HUGHES, B.R. 1959: Anzahl und Verteilung der in der Schneedecke angesammelten Fichtensamen. Mitt.Schweiz.Anst.Forstl. Versuchsw. 35, 459-479.

FORSTER, H. und SLEIK, H. 1974: Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung des Einflusses von Wildverbiß auf die qualitative und quantitative Entwicklung von Naturverjüngungen im oberbayerischen Alpenraum. Dipl.Arb. Univ. München. 104 S.

GRIMM, H. 1960: Transformation von Zufallsvariablen. Biometr. Zeitschr. 2, 164-182.

HAGNER, S. 1958: On the production of cones and seed in Swedish coniferous forests. Medd.Stat.Skogsf.Inst. 47, 1-120.

HEIKINHEIMO, O. 1932: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume, Teil I. Comm.Inst. Forest.Fenn 17; 1-61.

HEISEKE, D. 1969: Untersuchungen über Samenproduktion und Samenflug, Keimung und Keimlingsentwicklung bei der Fichte. Diss. Univ. Hann.-Münden, 158 S.

HESSELMAN, H. 1934: Einige Beobachtungen über die Beziehung zwischen der Samenproduktion von Fichte und Kiefer und der Besamung der Kahlhiebe. (Deutsche Zusammenfassung) Medd.St.Skogsf. 27, 145-182.

HESSELMAN, H. 1939: Weitere Studien über die Beziehung zwischen der Samenproduktion der Kiefer und Fichte und der Besamung der Kahlhiebe (Dtsch.Zusammenfassg.) Medd.St.Skogsf. 31, 1-64.

INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG (Hrsg.) 1976a: Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed.Sci. & Technol. 4, 357-409.

INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG (Hrsg.) 1976b: Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Ergänzungsband. Seed.Sci.& Technol. 4, 411-550.

KOHLERMANN, L. 1950: Untersuchungen über die Windverbreitung der Früchte und Samen mitteleuropäischer Waldbäume. Forstwiss. Centralbl. 69, 606-624.

KREUTZER, K. und FOERST, K. 1977: Forstliche Wuchsgebietsgliederung Bayerns.(Karte) - Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

KRUGER, H. 1979: Mündliche Mitteilung.

KUOCH, R. 1965: Der Samenfall 1962/63 an der oberen Fichtenwaldgrenze im Sertigtal. Mitt.Schweiz.Anst.Forstl.Versuchsw. 41, 61-85.

LAAR, A. van 1980: Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forest of Bavaria. Lehrstuhl f. Waldbau u. Forsteinrichtung, Forstwiss. Fak. Univ. München, 110 S.

LIENERT, G.A. 1962: Über die Anwendung von Variablen-Transformationen in der Psychologie. Biometrische Zeitschr. 4, 145-181.

MESSER, H. 1948: Die Waldsamenernte. Hannover: Schaper. 64 S.

MESSER, H. 1956: Untersuchungen über das Fruchten der Fichte (Picea abies). Fortschritte d.Forstl.Saatgutwesens; 91-117.

MESSER, H. 1958: Das Fruchten der Waldbäume als Grundlage der Forstsamengewinnung. I. Koniferen. Mitt.Hess.Landesforstverw. 1, 130 S.

MÜLLER-USING, B. 1973: Untersuchungen über die Verjüngung von Nothofagus alpina (POEPP. et ENDL.) OERST. und ihrer wichtigsten Begleitbaumarten in der chilenischen Anden- und Küstenkordillere. Diss. Univ. München, 229 S.

OBERLI, H. 1944: Das Waldsamenjahr 1942. Schweiz. Zeitschr.Forstw. 95, 25-30.

RÖHRIG, E. 1975: Die Förderung der Buchennaturverjüngung durch Bodenbearbeitung. Erfahrungen aus der Praxis in Niedersachsen. Aus dem Walde 24, 77-110.

ROHMEDER, E. 1972: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Hamburg/Berlin: Paul Parey. 273 S.

ROMBAKIS, S. 1947: Über die Verbreitung von Pflanzensamen und Sporen durch turbulente Luftströmungen. Z.Meteorol. 1, 359-363.

SACHS, L. 1972: Statistische Methoden. Berlin/Heidelberg/New York: Springer. 105 S.

SACHS, L. 1974: Angewandte Statistik. Berlin/Heidelberg/New York: Springer. 545 S.

SARVAS, R. 1955: Investigations into the flowering and seed quality of forest trees. Comm.Inst.For.Fenn. 45, 5-57.

SARVAS, R. 1957: Studies on the seed setting of Norway spruce. Medd. Norsk. Skogsv. 14, 529-556.

SCHMIDT-VOGT, H. (Ed.) 1964: Die Zapfen- und Samenreifung im Hochgebirge. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. München: BLV, 168-177.

SCHÖNBORN, A. von 1964: Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. München: BLV, 158 S.

SEEGER 1913: Ein Beitrag zur Samenproduktion der Waldbäume im Großherzogtum Baden. Naturwiss.Zeitschr.f.Forst-u. Landwirtsch. 11, 529-554.

SIEGL, H. 1953: Untersuchungen über den Samenertrag der Fichte im Herbst 1951. Forstwiss. Centralbl. 72, 369-379.

WEBER, E. 1972: Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart: Gustav Fischer, 706 S.

WETTERAMT MÜNCHEN 1978: Klimawerte der amtlichen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes Reit im Winkl (unveröffentlicht).

WINTERFELD, K. 1965: Fichten-Samenernte in Westerhof - damals und heute. Forst-u.Holzwirt 20, 70-78.

ZASADA, J. und VIERECK, L. 1970: White spruce cone and seed production in interior Alaska, 1957-68. Pacific Northwest Forest & Range Exp. Sta., USDA Forest Serv.Res. PNW-129; 11 S.

ZÖHRER, F. 1969: Ausgleich von Häufigkeitsverteilungen mit Hilfe der Beta-Funktion. Forstarchiv 40, 37-42.

ZWIRGLMAIER, A. 1977: Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Dipl.Arb. Univ. München, 113 S. + Anhg.

A N H A N G N R . 1

Ertragskundliche Charakteristika und Zapfenbehang der Einzelbäume auf den Versuchsflächen, dargestellt am Beispiel der Parzellen 1.0 und 1.2. Die Zapfenzahl wurde mit Hilfe eines Fernglases vom Boden aus ermittelt, Zählfehler sind dabei nicht ganz vermeidbar.

Parzelle 1.0

Baum Nr.	Baum-art	BHD cm	Baum-höhe m	Kronen-ansatz m	Grund-fläche m^2	Soziale Stel-lung	Zapfenzahl 76 Stück	Zapfenzahl 77 Stück
1	10	31.9	25.7	14.4	0.0799	1	0	0
15	10	33.2	26.1	15.0	0.0866	1	0	60
16	10	36.6	23.1	15.0	0.1052	1	30	110
17	10	32.6	25.1	17.1	0.0835	1	10	0
18	10	35.0	27.8	15.9	0.0962	1	0	120
19	10	28.3	24.0	14.9	0.0629	1	0	0
31	10	35.4	27.0	15.2	0.0984	1	0	165
33	10	35.8	28.9	18.2	0.1007	1	0	170
40	10	42.6	28.1	14.6	0.1425	1	50	230
53	10	25.9	21.0	14.2	0.0527	2	0	0
61	10	24.4	20.8	13.3	0.0468	2	0	0
63	10	37.5	26.7	15.0	0.1104	1	0	160
65	10	26.1	24.5	9.6	0.0535	1	0	0
72	10	33.3	25.3	15.2	0.0871	1	0	80
73	10	24.9	23.9	17.3	0.0487	1	0	0
78	10	16.5	16.6	12.7	0.0214	2	0	0
85	10	16.4	12.0	9.0	0.0211	3	0	0
88	10	35.9	26.8	13.7	0.1012	1	40	180
93	10	26.0	25.0	18.7	0.0531	1	0	90
96	10	19.4	21.6	16.2	0.0296	2	0	0
100	10	23.9	24.5	16.9	0.0449	1	0	0
2	20	22.5	16.4	11.1	0.0398	2	0	0
3	20	11.0	9.1	7.9	0.0095	3	0	0
4	20	36.7	26.3	16.7	0.1058	1	60	5
5	20	8.6	6.4	5.7	0.0058	3	0	0
9	20	22.9	18.5	13.6	0.0412	2	0	0
10	10	11.7	12.4	7.3	0.0108	3	0	0
11	20	23.5	16.1	13.4	0.0434	2	0	0
13	20	25.1	20.3	13.5	0.0495	2	0	0
21	20	16.1	15.7	5.6	0.0204	2	0	0
22	20	11.6	8.2	4.9	0.0106	3	0	0
23	20	15.9	13.5	10.8	0.0199	3	0	0
26	20	14.9	13.0	6.5	0.0174	3	0	0
39	20	21.2	17.8	11.1	0.0353	2	0	0
42	20	17.7	17.8	13.8	0.0246	2	0	0
43	20	29.0	22.5	17.7	0.0661	1	42	0
48	20	10.5	8.4	5.6	0.0087	3	0	0
49	20	7.4	5.7	3.4	0.0043	3	0	0
50	20	29.3	22.7	15.1	0.0674	1	8	0
52	20	10.9	7.3	7.8	0.0093	3	0	0
57	20	8.7	5.0	4.4	0.0059	3	0	0
58	20	28.9	25.5	17.4	0.0656	1	47	0
60	20	30.7	24.2	14.5	0.0740	1	43	0
67	20	27.2	20.2	10.2	0.0581	2	0	0
70	20	14.8	11.2	8.5	0.0172	3	0	0
71	20	41.5	24.1	13.7	0.1353	1	99	0
77	20	27.5	21.3	16.5	0.0594	2	0	0
80	20	25.2	24.0	18.2	0.0499	1	0	0
81	20	37.1	26.1	12.4	0.1081	1	53	0
83	20	35.2	24.1	16.7	0.0973	1	0	0
84	20	34.3	25.8	14.6	0.0951	1	28	0
94	20	7.5	7.2	5.1	0.0044	3	0	0
98	20	11.7	12.9	10.6	0.0108	3	0	0
99	20	27.9	21.2	14.5	0.0611	2	0	0
104	20	22.4	23.5	16.0	0.0394	1	0	0

Parzelle 1.2

Baum Nr.	Baum-art	BHD cm	Baum-höhe m	Kronen-ansatz m	Grund-fläche m^2	Soziale Stel-lung	Zapfenzahl 76 Stück	Zapfenzahl 77 Stück
4	10	32.3	25.9	13.4	0.0819	1	0	120
16	10	31.5	24.8	16.5	0.0779	1	30	130
45	10	42.2	30.9	18.3	0.1399	1	90	180
67	10	38.8	30.3	19.7	0.1182	1	0	110
80	10	33.5	29.0	17.6	0.0881	1	80	140
85	10	53.9	33.3	17.8	0.2282	1	100	100
89	10	30.0	25.9	16.5	0.0707	1	0	80
10	20	9.4	7.6	4.4	0.0069	3	0	0
17	20	10.0	8.0	3.3	0.0079	3	0	0
23	20	14.7	13.1	5.3	0.0170	3	0	0
18	20	13.4	11.9	9.0	0.0141	3	0	0
22	20	43.2	28.2	16.4	0.1466	1	45	0
26	20	22.0	21.1	13.0	0.0380	2	0	0
27	20	15.0	13.9	0.6	0.0177	3	0	0
33	20	13.5	8.8	6.5	0.0143	3	0	0
34	20	15.6	14.7	4.7	0.0191	3	0	0
43	20	18.3	15.4	3.6	0.0263	2	0	0
50	20	42.4	27.8	19.0	0.1412	1	60	0
53	20	16.9	15.1	4.2	0.0224	3	0	0
57	20	19.3	18.3	5.5	0.0293	2	0	0
60	20	15.0	11.3	4.9	0.0177	3	0	0
61	20	31.0	28.8	19.9	0.0755	1	25	0
66	20	10.0	5.9	5.0	0.0079	3	0	0
71	20	19.7	18.8	4.7	0.0305	2	0	0
73	20	51.4	29.8	15.1	0.2075	1	125	30
74	20	12.2	8.2	6.0	0.0117	3	0	0
75	20	10.7	5.9	3.9	0.0090	3	0	0
81	20	15.5	12.0	10.5	0.0189	3	0	0
82	20	13.3	10.4	5.8	0.0139	3	0	0
56	20	8.0	5.9	4.7	0.0050	3	0	0
93	20	9.0	6.0	4.2	0.0064	3	0	0

Baumart: 10 = Fichte
20 = Tanne

Sozialstellung: 1 = Baum der Oberschicht
2 = Baum der Mittelschicht
3 = Baum der Unterschicht

A N H A N G N R . 2

Die Parameter zur Charakterisierung der Samendichte auf den Versuchsparzellen.

Verwendete Literatur: SACHS, 1974
WEBER, 1972

1. Mittelwert

Der Mittelwert $\bar{x}$ stellt immer das arithmetische Mittel dar, das nach folgender Formel errechnet wird:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

In allen Fällen, in denen Normalverteilungen angenommen werden können, stellt der Mittelwert den wichtigsten Parameter des Datenkollektivs dar.

2. Medianwert

Der Median- oder Zentralwert x bezeichnet den Wert, der eine beobachtete Verteilung in zwei gleich große Hälften teilt. Im Gegensatz zum arithmetischen Mittel bleibt er von Extremwerten unbeeinflußt. Die in Tab. 16 a-d mitgeteilten Medianwerte ergaben sich aus der vom unteren zum oberen Extremwert aufgelisteten Datenreihe, und zwar getrennt für jede Parzelle als Wert, der die Mitte dieser Reihe bildet.

3. Variationskoeffizient

Als Variationskoeffizient V wird das Verhältnis der Standardabweichung (s) zum Mittelwert ($\bar{x}$) bezeichnet.

Da die Standardabweichung die folgende Formel hat:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

lautet der Variationskoeffizient:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

Der Variationskoeffizient eignet sich sehr gut zum Vergleich der Streuung von Stichproben verschiedener Ausgangszahlen. Beim Vorliegen einer idealen Normalverteilung sollte V % nicht über 33 liegen.

4. Standardfehler des Mittelwerts

Auch der Mittelwert ist eine zufällige Variable mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Diese wird durch den Standardfehler ausgedrückt, in dessen Berechnung die Standardabweichung eingeht:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Zur Vergleichbarkeit unterschiedlicher Standardfehler ist er als Prozentsatz des Mittelwerts ausgedrückt worden.

$$s_{\bar{x}}\ \% = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$$

Die Wahrscheinlichkeit, mit der der Mittelwert in dem Rahmen liegt, den der Standardfehler absteckt, beträgt 68 %. Ein Wahrscheinlichkeitsbereich von 95 % wird durch Multiplikation des Standardfehlers mit t berechnet. Bei einem Stichprobenumfang von 30 beträgt t = 2,05. Der Wert für $t \cdot s_{\bar{x}}$ ist daher in Tab. 16 sowohl in absoluten als auch in relativen Werten zum Ausdruck gebracht.

5. Schiefe und Exzeß

Die in den eigenen Untersuchungen ermittelten Verteilungen weichen nicht selten erheblich von der Normalverteilung ab. Zur Beurteilung solcher Abweichungen bieten sich deren Schiefe und ihr Exzeß an. Beide Begriffe sind folgendermaßen zu verstehen:

Eine Verteilung ist schief, wenn einer der beiden absteigenden Kurventeile länger ist als der andere. Handelt es sich dabei um den linken Kurventeil, so spricht man von negativer und im umgekehrten Fall von positiver Schiefe.

Liegt das Maximum einer Verteilung höher oder tiefer als das einer Normalverteilung mit gleicher Varianz, so wird diese Erscheinung als Exzeß bezeichnet. Liegt das Maximum höher, wird also die "Glocke" spitzer, so ist der Exzeß positiv. Ist der Kurvenverlauf dagegen flacher und damit die "Glocke" gedrungener, so ist der Exzeß negativ.

Die Schiefe läßt sich auf drei verschiedene Weisen berechnen, in die immer der Median als bestimmende Größe mit eingeht.

$$\text{Schiefe I} = \frac{3\,(\bar{x} - \tilde{x})}{s}$$

Dieser Parameter erreicht bei extremer Schiefe Werte von -3 bis +3.

Ein zweites Maß für die Schiefe ergibt sich nach folgendem Ansatz:

$$\text{Schiefe II} = \frac{DZ_9 + DZ_1 - 2\,\tilde{x}}{DZ_9 - DZ_1}$$

Darin gehen der Median ($\tilde{x}$) und Dezile (DZ) ein. Diese Dezile ergeben sich, wenn die Beobachtungsdaten, nach ihrer Größe geordnet, in zehn gleiche Teile geteilt werden. Das erste Dezil wird gefunden durch Abzählen von n/10, das zweite von 2n/10 und das neunte von 9n/10 der Einzelwerte. Das 5. Dezil ist dabei der Median, ober- und unterhalb dessen jeweils die Hälfte der Fälle liegt. Die sich nach dieser Formel ergebenden Werte liegen zwischen -1 und +1.

Auch das dritte für unsere Berechnungen verwendete Schiefemaß geht vom Median aus und berücksichtigt dazu sogen. Quartile. So werden die drei Werte bezeichnet, die eine Häufigkeitsverteilung in 4 gleiche Teile zerlegen. Das zentrale Quartil ist wieder der Median, während die beiden anderen als unteres oder erstes bzw. oberes oder drittes Quartil bezeichnet werden. Dabei ist das erste Quartil Q_1 der empirische Wert, der am Ende des ersten Viertels in der nach der Größe geordneten Reihe der Meßwerte steht. Im Falle von Q_3 gilt dasselbe sinngemäß für den Wert am Ende des dritten Vierteils der Reihe. Die sich ergebende Formel lautet dann:

$$\text{Schiefe III} = \frac{Q_3 + Q_1 - 2\,\tilde{x}}{Q_3 - Q_1}$$

Der nach dieser Formel hergeleitete Bereich der Maßzahlen liegt wieder zwischen -1 und +1.

Alle drei Schiefenmaße werden im Falle einer symmetrischen Verteilung der Einzelwerte gleich Null. Abweichungen davon deuten - je nach Vorzeichen - auf mehr oder weniger ausgeprägte positive oder negative Schiefe hin.

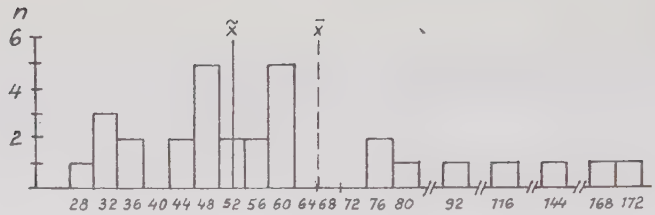
Auch für die Herleitung des Exzesses wird eine Kombination aus Dezilen und Quartilen herangezogen. Die Formel dafür lautet:

$$\text{Exzeß} = \frac{Q_3 - Q_1}{2(DZ_9 - DZ_1)}$$

Für die Normalverteilung hat der Exzeß einen Wert von 0,263.

6. Rechenbeispiel

Als Rechenbeispiel für die Herleitung der oben genannten Parameter wird der Befund von der Parzelle 1.0 für Fichtensamen aus den Jahren 77/78 verwendet. Einen optischen Eindruck von der vorliegenden Verteilung mag zunächst die folgende Abbildung geben.



Anhang 2
Abb. 1: Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 im Jahr 1977.

$\bar{x}$ = Mittelwert

$\tilde{x}$ = Median

6.1 Grunddaten

x_i Samen je Samenfang	f_i	Σf_i
28	1	1
33	3	4
35	1	5
37	1	6
44	2	8
46	2	10
47	2	12
49	1	13
50	1	14
53	1	15
54	1	16
57	1	17
58	1	18
59	2	20
60	1	21
61	1	22
74	2	24
81	1	25
90	1	26
117	1	27
142	1	28
167	1	29
170	1	30

$\sum_i x_i$ = 1 948 n = 30

$\sum_i x_i^2$ = 166 944

6.2 Parameter

6.21 Arithmetisches Mittel

$$\bar{x} = \frac{1\ 948}{30} = 64{,}933 \text{ Samen}$$

6.22 Median

Da n eine gerade Zahl ist, liegt x zwischen dem 30/2 = 15. Wert und dem 16. Wert, d.h. $\tilde{x} = \frac{53+54}{2} = 53{,}5$.

6.23 Standardabweichung und Variationskoeffizient

$$s = \sqrt{\frac{166\ 944 - 1\ 948^2/30}{29}} = 37{,}349$$

$$V = 37{,}349 \times 100/64{,}933 = 57{,}519$$

6.24 Standardfehler und Standardfehlerprozent

$$s_{\bar{x}} = 37{,}349/\sqrt{30} = 6{,}81895$$

$$t_{0,05} \cdot s_{\bar{x}} = 2{,}05 \times 6{,}819 = 13{,}97$$

$$s_{\bar{x}_s} = 6{,}819 \times 100/64{,}933 = 10{,}501$$

$$t_{0,05} \cdot s_{\bar{x}_s} = 2{,}05 \times 10{,}501 = 21{,}527$$

6.25 Schiefe und Exzeß

6.251 Herleitung Quartile und Dezile

Q_1 = 30/4 = 7,5. Wert, d.h. Q_1 = 44
Q_3 = 3 x 30/4 = 22,5. Wert, d.h. Q_3 = 74
DZ_1 = 30/10 = 3. Wert, d.h. DZ_1 = 33
DZ_9 = 9 x 30/10 = 27. Wert, d.h. DZ_9 = 117

6.252 Schiefe I

$$\text{Schiefe I} = \frac{3(64{,}933 \;.\; 53{,}5)}{37{,}349} = 0{,}958$$

6.253 Schiefe II

$$\text{Schiefe II} = \frac{117 \times 33 - 2 \times 53{,}5}{117 - 33} = 0{,}523$$

6.254 Schiefe III

$$\text{Schiefe III} = \frac{74 + 44 - 2 \times 53{,}5}{74 - 44} = 0{,}40$$

6.255 Exzeß

$$\text{Exzeß} = \frac{74 - 44}{2(117 - 33)} = 0{,}178$$

6.3 Beurteilung

Die Verteilung ist charakterisiert durch eine deutliche Diskrepanz zwischen Mittelwert und Median. Darin äußert sich eine Schiefe der Verteilung, die positiv ist, da der Mittelwert höher liegt als der Median. Auch der Variationskoeffizient läßt mit 58 % des Mittelwerts eine Abweichung von der theoretischen Normalverteilung erkennen. Die drei Werte für die Schiefe bestätigen erneut die positiv asymmetrische Art der Verteilung. Und der Exzeß mit 0,18 läßt erkennen, daß deren Kurvenverlauf flacher ist als das bei einer "normalen" Glockenkurve der Fall sein dürfte.

Aus dem Standardfehler mit gut 10 % des Mittelwerts kann geschlossen werden, daß im vorliegenden Fall mit einer Zahl von 30 Fangkästen eine für Untersuchungen wie der hier präsentierten eine gerade noch ausreichende Genauigkeit erzielt werden konnte.

Die auf die geschilderte Art in Tab. 16 a-d häufig zu beobachtenden Abweichungen der empirischen Verteilung von der theoretischen Normalverteilung machten es notwendig, das Verteilungsmuster weitergehend zu analysieren. Darauf wird in Anhang Nr. 3 eingegangen werden

A N H A N G N R . 3

Die theoretischen Verteilungen und ihre Anpassung an empirische Verteilungen mit Hilfe des x^2-Anpassungstests.

Verwendete Literatur: SACHS, 1974
WEBER, 1972

1. Die Normalverteilung ist eine geometrische Verteilung. Sie hat eine symmetrische Glockenform. Die Ordinate y, die die Höhe der Kurve für jeden Punkt der x-Skala darstellt, gibt die sogenannte Wahrscheinlichkeitsdichte des jeweiligen Wertes an, den die Variable x annimmt.

Die Wahrscheinlichkeitsdichte der Normalverteilung lautet:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad (1)$$

und zwar für $-\infty < x < +\infty$ und $\sigma > 0$.

Hierin ist x eine beliebige Abszisse, y die zugehörige Ordinate, σ die Standardabweichung der Verteilung, μ der Mittelwert der Verteilung; π und e sind die bekannten mathematischen Konstanten.

Die Normalverteilung ist durch die Parameter μ und σ vollständig charakterisiert. Der Mittelwert μ bestimmt die Lage der Verteilung im Hinblick auf die x-Achse, die Standardabweichung σ die Form der Kurve. Die Wahrscheinlichkeitsdichte hat ihr Maximum beim Mittelwert.

Da μ und σ in der Formel für die Wahrscheinlichkeitsdichte der Normalverteilung beliebige Werte annehmen können, sind unendlich viele normalverteilte Kollektive mit verschiedenen Verteilungen möglich. Setzen wir in (1) $\frac{x-\mu}{\sigma} = z$, x ist dimensionsbehaftet, z ist dimensionslos, so erhalten wir eine einzige, die standardisierte Normalverteilung mit Mittelwert Null und Standardabweichung Eins:

$$f_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \qquad (2)$$

2. Die Poisson-Verteilung

Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei n-maliger Wiederholung einer Alternative das Ereignis, dessen Wahrscheinlichkeit p eine sehr kleine Zahl ist, i-mal eintrifft, läßt sich mittels der Formel von Poisson angeben:

$$P \cdot x = \frac{\lambda^{x}}{x!} \cdot e^{-\lambda} \qquad (3)$$

worin $e = 2{,}718$ die Basis des natürlichen Logarithmus
λ = Mittelwert
$x = 0, 1, 2, \ldots$ die genaue Anzahl der Individuen in einer einzelnen Klasse sind.

Findet man die Wahrscheinlichkeit für alle x, $x = 0, 1, 2, \ldots$, dann erhält man die Kurve der Poisson-Verteilung. Die Wahrscheinlichkeit für ein gegebenes x ist mit der Gesamtzahl n der ausgezählten Einheit zu multiplizieren, um die erwartete Häufigkeit der Einheit mit x Individuen zu erhalten.

Die Poisson-Verteilung ist, wie die negative Binomial-Verteilung, eine diskrete Verteilung. Sie wird durch den Parameter λ, der stets positiv ist, vollständig charakterisiert. λ ist zugleich Mittelwert und Varianz.

Die Häufigkeitsverteilungen sind für kleine Werte von λ sehr schief und nähern sich mit wachsendem λ der Symmetrie. Das Maximum der Verteilung liegt bei der größten ganzen Zahl, die kleiner als λ ist. Die Poisson-Verteilung wird für die Lösungen der Probleme benutzt, die beim Zählen relativ seltener zufälliger und voneinander unabhängiger Ereignisse in der Zeit-, Längen-, Flächen- oder Raumeinheit auftreten.

Liegt bei diskreten Verteilungen das Verhältnis Varianz zu Mittelwert in der Nähe von Eins, dann können sie durch eine Poisson-Verteilung approximiert werden, sofern die Variable x große Werte annehmen könnte. Gilt $s^2 < \bar{x}$, dann könnte die Stichprobe einer Binomialverteilung entstammen. Im umgekehrten Fall $s^2 > \bar{x}$ könnte sie einer sogenannten negativen Binomialverteilung entstammen.

3. Die negative Binomialverteilung

Die negative Binomialverteilung kann als eine Erweiterung der Poisson-Verteilung angesehen werden, in welcher das Mittel der Grundgesamtheit nicht konstant ist, sondern kontinuierlich variiert.

Die negative Binomialverteilung ist vollständig definiert durch zwei Parameter: das arithmetische Mittel μ und der Exponenten k.

Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen eines Ereignisses sei p, die Wahrscheinlichkeit für das Nicht-Eintreffen desselben Ereignisses sei q, so daß gilt:

$$p + q = 1 \quad \text{und} \quad \mu = k \cdot p$$

weiterhin gilt: $\sigma^2 = k \cdot q \cdot p$

Wenn die Varianz größer ist als der Mittelwert, liegt Überdispersion vor; dann ist $q > 1$ und $1-q=p$ ist negativ. Da μ positiv ist, muß der Exponent k negatives Vorzeichen haben. Die Reihe hat dann die Form

$$[q + (-p)]^{-k} \qquad (4)$$

es ist $q,p > 0$; $k > 0$

Entwickelt man die negative Binomialreihe (4), so erhält man die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine beobachtete Einheit x=0,1,2,... Individuen enthält aus der Formel:

$$p_x = \frac{(k+x-1)!}{x!\,(k-1)!} \cdot \frac{R^x}{q^k} \qquad (5)$$

worin R=p/q ist.
Für x=0 $\quad p_0 = 1/q^k$

Die folgenden Werte für x=1,2,3...ergeben sich aus der Gleichung

$$p_x = \frac{(k+x-1) \cdot R}{x} \cdot p_{x-1}$$

Die Wahrscheinlichkeit für ein gegebenes x ist mit der Gesamtzahl n der ausgezählten Einheiten zu multiplizieren um die erwartete Häufigkeit (Φ) der Einheiten mit x Individuen zu erhalten. Die Kurve, die durch p_x oder Φ definiert ist, ist eingipfelig. Bei echter Mehrgipfeligkeit ist die negative Binomialverteilung nicht am Platz.

Zum Schätzen des Exponenten k der negativen Binomialverteilung gibt es mehrere Methoden. Davon werden zwei erwähnt:

Methode a $$\hat{k}_1 = \frac{\bar{x}^2}{s^2-\bar{x}} \qquad (6)$$

worin $\bar{x}$ = Mittelwert und s^2 = Varianz der Stichprobe ist.

Methode b Diese Methode gründet sich auf das Verhältnis der Gesamtzahl der Einheiten in der Stichprobe (n) zu den Einheiten, die kein Individuum enthalten (f_o).

Der gesuchte Schätzwert von k, der mit $\hat{k}_2$ bezeichnet wird, ist derjenige, der die Gleichung erfüllt:

$$\hat{k}_2 \log \left(1+\frac{\bar{x}}{\hat{k}_2}\right) = \log \left(\frac{n}{f_o}\right)$$

worin $$\left(1+\frac{\bar{x}}{\hat{k}_2}\right) = q$$

gesetzt ist. Die Lösung der Gleichung erfolgt mittels Iteration. Die Schätzwerte müssen auch die folgende Bedingung erfüllen:

Von Methode a $$\frac{(\hat{k}_1+\bar{x}) \cdot (\hat{k}_1+2)}{\bar{x}} \geqq 15 \qquad (7)$$

Von Methode b $$(\bar{x}+0{,}17) \cdot \left(\frac{f_o}{n} - 0{,}32\right) > 0{,}20 \qquad (8)$$

Im vorliegenden Fall wurde der Exponent k durch die Formel (7) geschätzt. Formel (8) wurde selten benutzt.

4. Die Prüfung von Verteilungen mit dem χ^2-Anpassungstest

Um Klarheit zu gewinnen, ob eine der genannten Verteilungen vorliegt, und wenn das der Fall ist, welche, sind die beobachteten Häufigkeitswerte den theoretischen Werten gegenüberzustellen und ihre Abweichung bzw. Übereinstimmung bei vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit a mit Hilfe eines χ^2-Anpassungstests zu prüfen. Der Anpassungstest prüft die Alternativhypothese $F(x) \neq F_0(x)$ gegen die Nullhypothese $(H_0) : F(x) = F_0(\ )$.

Die Prüfgröße, kurz als $\hat{\chi}^2$ bezeichnet, ist:

$$\sum_{i=1}^{k} \frac{(B_i - E_i)^2}{E_i}$$

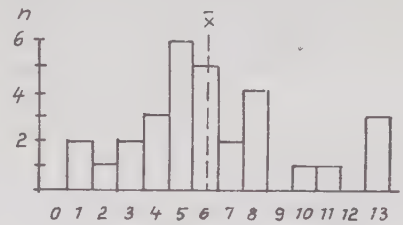
worin k = Klassenzahl der Stichprobe des Umfangs n,
B_i = Beobachtete Häufigkeit der Klasse i,
E_i = die theoretische Häufigkeit der jeweiligen Häufigkeitsklasse i bedeuten.

Bei Anpassungstests dieser Art sollten die Stichproben als Ganzes nicht zu klein sein, eine Forderung, die in unserem Falle nur bedingt erfüllt ist. Auch die Freiheitsgrade $\nu = k - 1 - a$, wobei a = 2 ist bei der Anpassung an eine Normalverteilung und a = 1 bei der Anpassung an eine Binomialverteilung oder an eine Poisson-Verteilung, waren fast immer kleiner als 8 (8 wird als Mindestgröße benötigt). Eine Irrtumswahrscheinlichkeit a von 10 % wurde als ausreichend vorgegeben.

Bei der Durchführung der Teste wurde die Bedingung, daß erwartete Häufigkeiten größer als 4 sein müssen, berücksichtigt, indem jeweils gerade so viele Häufigkeitsklassen zusammengefaßt wurden. bis die obengenannte Forderung erfüllt war.

4.1 Prüfung auf Existenz einer Normalverteilung

Als Rechenbeispiel wird der Befund von der Parzelle 1.0 für Fichtensamen aus dem Jahr 1976/77 verwendet. Einen optischen Eindruck von der vorliegenden Verteilung mag zunächst die folgende Abbildung geben.



Anhang 3
Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 im Samenjahr 1976.

1	2	3	4	5	6	7	8
x_i	B_i	$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$	Ordinate von $Z_i = f_{(Z)}$	$f_{(Z)} \cdot k$	E_i	$B_i - E_i$	$(B_i - E_i)^2 / E_i$
1	2	1,62	0,1074	0,992			
2	1	1,31	0,1691	1,562	4,77	0,23	0,011
3	2	1,01	0,2396	2,213			
4	3	0,70	0,3123	2,884	6,30	2,70	1,157
5	6	0,39	0,3697	3,415			
6	5	0,08	0,3977	3,673	7,26	-0,26	0,009
7	2	0,23	0,3885	3,588			
8	4	0,53	0,3467	3,202	5,79	-1,79	0,553
9	0	0,84	0,2803	2,589			
10	1	1,15	0,2059	1,902			
11	1	1,46	0,1374	1,269	4,37	0,63	0,091
12	0	1,77	0,0833	0,769			
13	3	2,07	0,0468	0,432			
	30			28,49	28,49	1,51	$\chi^2 = 1,822$

$\sum x_i B_i = 188; \sum B_i x_i^2 = 1484$

$\bar{x} = \frac{188}{30} = 6,267$

$s = \sqrt{\frac{1484 - 188^2/30}{29}} = 3,248$

$k = \frac{n \cdot b}{s} = \frac{30 \cdot 1}{3,248} = 9,236$

$\nu = 5 - 3 = 2$

$\chi^2 = 1,822 < 2,41 = \chi^2_{0,30}$

Anhang 3
Tab. 1: Anpassungstest der Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 an die Normalverteilung im Samenjahr 1976.

Tabelle 1 zeigt einmal die Gegenüberstellung von beobachteten und theoretischen Häufigkeiten, zum anderen die Herleitung des χ^2-Wertes.

Spalte 1 in der Tabelle 1 gibt die Klassenmittel x_i (Samen je Samenfang) wieder. Die Klassenbreite b beträgt b = 1. Die beobachteten Häufigkeiten sind in Spalte 2 notiert. Dann wird $\bar{x}$ und s berechnet (s. Anhang Nr. 2). In der Spalte 3 wurde die Standardnormalvariable z gerechnet und anschließend in der Spalte 4 die Ordinate von z mit Hilfe der Formel (2). Die Multiplikation mit der Konstanten k in Saplte 5 dient zur Anpassung der Gesamtzahl der Erwartungshäufigkeiten. Die schwach besetzten Klassen müssen, da ihre $E < 4$ sind, mit den benachbarten Klassen zusammengefaßt werden (Spalte 6). Hierdurch verringert sich die Anzahl der Klassen auf k = 4. Geschätzt wurden a = 2 Parameter ($\bar{x}$ und s), so daß insgesamt nur ν = k-1-a = 5-1-2 = 5-3 = 2 Freiheitsgrade zur Verfügung stehen. Die Prüfgröße χ^2 ist in der Spalte 8 ermittelt worden. Bei 2 Freiheitsgraden ist laut x^2-Tafel die Irrtumswahrscheinlichkeit a für χ^2 = 1,822 größer als 30 %.

Das bedeutet, daß die Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 aus dem Jahr 1976 bei Zugrundelegung von 30 Samenfängen mit jeweils 0,25 m^2 Auffangflächengröße durch eine Normalverteilung hinreichend genau abgebildet werden kann.

Diese Schlußfolgerung soll aber unter Vorbehalt gezogen werden, da nicht alle Voraussetzungen für die Durchführung des Testes erfüllt waren: Der Stichprobenumfang war mit n = 30 sehr klein, und es wurden weniger als 10 Klassen gebildet.

4.2 Prüfung auf Existenz einer Poisson-Verteilung

Als Rechenbeispiel wird auch, wie bei der Anpassung an die Normalverteilung, der Befund der Parzelle 1.0 für Fichtensamen aus dem Jahr 1976/77 verwendet. In der Tab. 2 ist die beobachtete und die theoretische Häufigkeit gegenübergestellt.

1	2	3	4	5
x_1	B_1	E_1	B_1-E_1	$(B_1-E_1)^2/E_1$
1	2	0,36		
2	1	1,12	0,55	0,038
3	2	2,35		
4	3	3,66		
5	6	4,59	1,49	0,433
6	5	4,79	0,21	0,009
7	2	4,29	-2,29	1,222
8	4	3,36		
9	3	2,34		
10	1	1,47	0,16	0,003
11	1	0,83		
12	0	0,43		
13	3	0,21		
$\sum$	30	29,98	0,02	$x^2 = 1,704$

$\bar{x} = 6,267$

Anhang 3
Tab. 2: Anpassungstest der Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 an die Poisson-Verteilung im Samenjahr 1976.

Die Spalten 1 und 2 sind in den Tabellen 1 und 2 gleich. Unter der Voraussetzung, daß die Verteilung als Poisson-Verteilung angesprochen werden kann, ist $\lambda = \bar{x} = 6,267$. Die erwartete Häufigkeit der Klasse i = 1 errechnet sich aus der Gleichung (vgl. Formel (3)):

$$E_1 = n \cdot P_{n \cdot 0} = n \cdot \frac{\lambda^1}{1!} \cdot e^{-\lambda} = 30 \cdot 6,267 \cdot 2,718 - 6,267 = 0,36$$

Die weiteren erwarteten Häufigkeiten errechnen sich aus der Gleichung:

$$E_i = \frac{\lambda}{i} \cdot E_{i-1}$$

Zum Beispiel ist für i = 2:

$$E_2 = \frac{6,267}{2} \cdot 0,36 = 1,12$$

Spalte 3 enthält die erwarteten Häufigkeiten. Die schwach besetzten Klassen müssen, da ihre E 4 sind, mit den benachbarten Klassen zusammengefaßt werden. Spalte 4 enthält die Unterschiede zwischen beobachteten und erwarteten Häufigkeiten. Spalte 5 zeigt den Weg zur Errechnung des χ^2-Wertes.

Die Klassen sind k = 5. Geschätzt wurde a = 1 Parameter (λ), so daß insgesamt nur $\nu = k-1-a = 3$ Freiheitsgrade zur Verfügung stehen.

Bei 3 Freiheitsgraden ist laut χ^2-Tafel die Irrtumswahrscheinlichkeit α für $\chi^2 = 1{,}704$ größer als 60 %.

Das bedeutet, daß die Verteilung der Fichtensamen vom Jahr 1976 auf der Parzelle 1.0 auch durch eine Poisson-Verteilung hinreichend genau abgebildet werden kann. Die Annahme der Nullhypothese weist darauf hin, daß die gleiche Wahrscheinlichkeit besteht, daß auf jeder Flächeneinheit Samen fallen. Da aber nicht alle Voraussetzungen für die Durchführung des Testes erfüllt waren, soll die Schlußfolgerung unter Vorbehalt ausgesprochen werden.

4.3 Prüfung auf Existenz einer negativen Binomialverteilung

Mit der gleichen Häufigkeitsverteilung aus den Rechenbeispielen 4.1 und 4.2 wird in der Tabelle 3 der Rechengang bei der Anpassung einer empirischen Häufigkeitsverteilung an eine negative Binomialverteilung erklärt.

1	2	2	4	5
x_i	B_i	E_i	B_i-E_i	$(B_i-E_i)^2/E_i$
1	2	0,96		
2	1	1,97	-0,90	0,1373
3	2	2,97		
4	3	3,66	1,44	0,2743
5	6	3,90		
6	5	3,72	0,02	0,0000
7	2	3,26		
8	4	2,67		
9	0	2,06		
10	1	1,51	0,49	0,0282
11	1	1,07		
12	0	0,72		
13	3	0,48		
$\sum$	30	28,95	1,05	$x^2 = 0{,}4398$

$\bar{x} = 6{,}27$; $s^2 = 10{,}55$

Anhang 3
Tab. 3: Anpassungstest der Verteilung der Fichtensamen auf der Parzelle 1.0 an die negative Binomialverteilung im Samenjahr 1976.

Der Exponent k wird geschätzt nach der Formel

$$\hat{k}_1 = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}} = \frac{6,267}{10,52-6,27} = 9,171$$

Da $(\hat{k}_1 + \bar{x}) \cdot (k_1 + 2)/\bar{x} = (9,171 + 6,267) \cdot (9,171 + 2)/6,267 =$

$$= 27,52 > 15$$

ist, ist der Exponent k ausreichend gut geschätzt.

Die Wahrscheinlichkeiten p und q berechnen sich wie folgt:

$$\bar{x} = kp = 6,267$$

$$s^2 = k \cdot p \cdot q = 10,5495$$

$$q = \frac{10,5495}{6,267} = 1,679$$

$$p = 1,679 - 1 = 0,679.$$

Die Entwicklung heißt daher $(1,68 - 0,68)^{-9,17}$ (vgl. Formel 4).
Die erwarteten Häufigkeiten (Spalte 3) wurden errechnet

für i = 1: $E_1 = K \cdot \frac{p}{q} \cdot \frac{1}{qk} \cdot n = \frac{9,17 \cdot 0,679}{1,679} \cdot \frac{30}{1,679 \cdot 9,17} = 0,96$

Die folgenden Werte für i = 2, 3, 4 ... ergeben sich aus der Gleichung

$$E_i = \frac{(k+i-1) \cdot R}{i} \cdot E_{i-1}$$

Durch Summieren der Werte in der Spalte 5 wird ein x^2-Wert errechnet. Die Klassen sind K = 4 und a = 1. So beträgt die Zahl der Freiheitsgrade $\nu = 4-2 = 2$. Bei 2 FG ist laut x^2-Tafel die Irrtumswahrscheinlichkeit α für $x^2 = 0,44$ um 70 % > 5 %.

Das bedeutet, daß die Verteilung der Fichtensamen vom Jahr 1976 auf der Parzelle 1.0 auch als eine negative Binomialverteilung angesehen werden kann. Daraus ist unter Vorbehalt, da nicht alle Voraussetzungen für die Durchführung des Testes erfüllt sind, zu schließen, daß die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Anzahl von Samen zu bekommen, nicht für jede Flächeneinheit die gleiche ist, sondern infolge anderer Einflüsse variiert.

Schließlich muß bemerkt werden, daß es etliche Male vorkam, daß eine beobachtete Häufigkeitsverteilung gleichzeitig Anpassung an mehrere theoretische Verteilungen zeigt, wie auch unsere Beispiele zeigen (vgl. Tab. 4, S. 3/13). Als Ursache dafür mag zunächst gelten, daß die Anpassungstests durchgeführt wurden, obwohl nicht alle Voraussetzungen dafür erfüllt waren. Da 5 - 7 Klassen gebildet worden waren, wurden Unterschiede, hauptsächlich die Mehrgipfligkeit, beseitigt.

Zum zweiten sind die theoretischen Verteilungen zwar genau definiert, doch existieren Beziehungen zwischen den Verteilungen (SACHS, 1974; ZÖHRER, 1969). So kann die negative Binomialverteilung in die Poisson-Verteilung übergeführt werden, aus der wiederum die Normalverteilung entwickelt werden kann.

Parz.	Fichte 1976			Fichte 1977			Tanne 1976			Buche 1977			Ahorn 1977			Tanne 1977		
Nr.	Normal	N.B.	Poisson	Normal	N.B.	Poisson	Normal	N.B.	Poisson	Normal	N.B.	Poisson	Normal	N.B.	Poisson	Normal	N.B.	Poisson
1.0	40	70	60	0	0	0	50	20	5	0	0	0	5	0	0	0	0	30
1.1	3	10	3	10	10	3	40	70	70	5	0	0	0	0	0	0	60	60
1.2	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	1	10	20	1	0	3
1.3	1	3	3	40	70	60	0	90	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4	0	0	3	3	0	1	5	0	70	0	0	0	50	20	3	0	0	70
2.0	30	0	0	5	0	0	5	90	80	1	0	3	0	0	0	0	0	0
2.1	0	0	2	0	0	0	2	10	10	0	0	0	0	40	20	0	0	1
2.2	5	5	5	10	50	10	0	20	80	10	80	40	3	70	60	0	0	30
2.3	20	0	5	30	60	30	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
2.4	20	0	0	10	30	0	2	30	20	0	0	0	0	0	5	0	0	0
3.0	60	70	60	0	0	0	80	70	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	70	70	70	20	10	0	20	0	20	0	0	2	0	0	0	0	0	40
4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	20	0	0	0
4.2	70	70	10	0	0	0	0	0	3	0	0	3	10	90	90	0	0	0
5.0	3	0	0	5	50	0	0	0	5	0	0	0	3	20	30	0	0	0
5.2	0	5	1	20	80	50	0	0	0	3	0	0	20	30	10	0	0	0
6.0	5	5	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	30
6.2	20	30	20	3	90	30	0	0	1	0	0	0	20	0	80	3	0	5
8.4	0	0	0	0	0	0	10	40	40	0	0	0	0	0	0	5	0	50
9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anhang 3

Tab. 4: Die Irrtumswahrscheinlichkeit (%) bei Anpassung der beobachteten Verteilungen an eine Normal-, negativen Binomial- und Poisson-Verteilung. (Die tatsächlichen Irrtumswahrscheinlichkeiten sind größer als die in der Tabelle dargestellten Werte.)

A N H A N G N R . 4

Verteilung der Samen in Prozent der Gesamtzahl (N) auf die einzelnen Samenfänge jeder Parzelle (NFL). Darstellung für alle Baumarten und Samenjahre.

N = Gesamtzahl der in den 30 Samenfängen von 0,25 m^2 Größe je Parzelle gefundenen Samen.

NFL= 10 FI-SA 1976/77
N= 188.SAMEN/PARZELLE

4.	7.	7.	4.	3.	3.
3.	3.	7.	4.	3.	4.
2.	6.	4.	1.	3.	3.
3.	1.	4.	1.	2.	3.
3.	5.	2.	3.	2.	2.

NFL= 11 FI-SA 1976/77
N= 754.SAMEN/PARZELLE

4.	4.	3.	3.	4.	3.
5.	4.	3.	5.	2.	2.
5.	2.	4.	3.	3.	2.
4.	3.	4.	4.	2.	2.
5.	4.	4.	4.	3.	2.

NFL= 12 FI-SA 1976/77
N= 629.SAMEN/PARZELLE

5.	3.	3.	3.	2.	3.
10.	4.	4.	3.	2.	4.
3.	4.	4.	2.	3.	2.
3.	2.	4.	2.	3.	3.
2.	7.	2.	3.	2.	3.

NFL= 13 FI-SA 1976/77
N= 94.SAMEN/PARZELLE

5.	2.	4.	4.	4.	1.
1.	4.	1.	0.	4.	7.
4.	2.	3.	2.	3.	5.
1.	2.	4.	0.	9.	4.
0.	9.	1.	1.	5.	4.

NFL= 20 FI-SA 1976/77
N= 536.SAMEN/PARZELLE

2.	4.	2.	2	2.	3.
3.	3.	2.	2.	3.	2.
5.	4.	1.	1.	3.	1.
5.	9.	4.	4.	2.	3.
4.	6.	6.	4.	3.	5.

NFL= 21 FI-SA 1976/77
N= 553.SAMEN/PARZELLE

6.	5.	2.	3.	1.	2.
3.	6.	4.	3.	3.	1.
3.	12.	3.	2.	1.	2.
2.	3.	3.	3.	3.	2.
3.	5.	4.	4.	3.	3.

NFL= 22 FI-SA 1976/77
N= 269.SAMEN/PARZELLE

4.	3.	3.	2.	1.	3.
4.	4.	4.	4.	3.	4.
4.	5.	5.	5.	2.	3.
4.	3.	2.	1.	3.	2.
5.	5.	5.	2.	2.	1.

NFL= 23 FI-SA 1976/77
N= 197.SAMEN/PARZELLE

2.	3.	2.	7.	4.	5.
1.	2.	5.	3.	6.	2.
1.	3.	11.	4.	2.	4.
0.	3.	2.	5.	4.	6.
0.	2.	3.	7.	5.	3.

NFL= 30 FI-SA 1976/77
N= 823.SAMEN/PARZELLE

4.	4.	3.	4.	3.	2.
5.	2.	3.	4.	4.	2.
2.	3.	4.	4.	3.	3.
3.	3.	3.	4.	4.	3.
2.	2.	4.	4.	4.	5.

NFL= 32 FI-SA 1976/77
N= 750.SAMEN/PARZELLE

3.	5.	3.	3.	4.	5.
4.	4.	3.	3.	3.	3.
5.	3.	3.	3.	2.	4.
2.	3.	4.	4.	3.	3.
3.	2.	3.	3.	2.	4.

NFL= 42 FI-SA 1976/77
N= 501.SAMEN/PARZELLE

5.	2.	3.	3.	4.	1.
2.	3.	4.	3.	4.	4.
4.	4.	1.	5.	4.	5.
4.	2.	2.	2.	4.	4.
2.	3.	3.	5.	4.	4.

NFL= 50 FI-SA 1976/77
N= 725.SAMEN/PARZELLE

3.	4.	6.	4.	3.	2.
2.	5.	6.	9.	2.	2.
3.	5.	3.	4.	3.	2.
3.	6.	3.	2.	2.	2.
3.	3.	1.	3.	1.	2.

NFL= 52 FI-SA 1976/77
N= 187.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	1.	3.	3.	3.
3.	2.	3.	3.	4.	2.
7.	3.	3.	3.	3.	4.
5.	3.	2.	3.	3.	5.
5.	2.	6.	6.	4.	3.

NFL= 60 FI-SA 1976/77
N= 378.SAMEN/PARZELLE

4.	2.	2.	4.	4.	4.
2.	2.	3.	4.	4.	4.
2.	2.	2.	2.	4.	1.
5.	4.	2.	5.	6.	4.
2.	5.	3.	2.	4.	4.

NFL= 62 FI-SA 1976/77
N= 225.SAMEN/PARZELLE

5.	5.	3.	4.	4.	4.
3.	4.	5.	5.	2.	1.
6.	3.	4.	1.	3.	4.
4.	3.	4.	2.	2.	1.
4.	4.	2.	2.	5.	2.

NFL= 10 FI-SA 1977/78
N=1948.SAMEN/PARZELLE

6.	7.	9.	3.	4.	3.
4.	5.	9.	2.	2.	3.
3.	3.	3.	4.	2.	3.
3.	2.	2.	3.	1.	2.
3.	2.	2.	2.	2.	2.

NFL= 11 FI-SA 1977/78
N=1558.SAMEN/PARZELLE

3.	4.	3.	2.	4.	3.
5.	3.	3.	3.	4.	3.
5.	3.	4.	2.	3.	2.
4.	3.	3.	3.	3.	4.
5.	4.	3.	3.	3.	2.

NFL= 12 FI-SA 1977/78
N=1728.SAMEN/PARZELLE

3.	2.	1.	1.	1.	2.
2.	2.	3.	2.	2.	5.
4.	4.	4.	2.	2.	2.
5.	3.	6.	2.	2.	2.
2.	9.	14.	7.	2.	1.

NFL= 13 FI-SA 1977/78
N= 123.SAMEN/PARZELLE

2.	2.	4.	5.	2.	2.
4.	2.	2.	5.	4.	4.
0.	2.	2.	2.	2.	7.
2.	6.	4.	3.	8.	5.
5.	3.	0.	5.	3.	2.

NFL= 20 FI-SA 1977/78
N=1249.SAMEN/PARZELLE

3.	2.	2.	2.	1.	2.
3.	1.	2.	1.	2.	2.
2.	4.	2.	3.	4.	2.
4.	5.	5.	4.	3.	4.
6.	5.	9.	3.	3.	7.

NFL= 21 FI-SA 1977/78
N=1202.SAMEN/PARZELLE

2.	3.	3.	4.	6.	6.
3.	4.	4.	5.	10.	5.
2.	3.	2.	4.	4.	2.
2.	2.	2.	2.	2.	3.
2.	2.	2.	3.	2.	3.

NFL= 22 FI-SA 1977/78
N= 897.SAMEN/PARZELLE

3.	2.	3.	2.	1.	3.
4.	3.	3.	3.	3.	2.
2.	3.	3.	4.	3.	3.
3.	4.	3.	5.	4.	4.
3.	6.	5.	4.	4.	6.

NFL= 23 FI-SA 1977/78
N= 295.SAMEN/PARZELLE

1.	3.	2.	4.	4.	4.
1.	2.	2.	5.	4.	4.
2.	2.	2.	1.	4.	6.
4.	3.	4.	3.	3.	7.
1.	3.	3.	3.	6.	6.

NFL= 30 FI-SA 1977/78
N=6523.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	2.	3.	3.	2.
3.	3.	4.	3.	6.	2.
3.	3.	4.	10.	3.	2.
4.	3.	5.	4.	2.	2.
3.	3.	3.	4.	3.	2.

NFL= 32 FI-SA 1977/78
N=2595.SAMEN/PARZELLE

4.	7.	4.	3.	3.	4.
5.	3.	3.	5.	4.	4.
3.	3.	3.	3.	3.	2.
4.	3.	3.	3.	3.	2.
3.	3.	3.	3.	2.	3.

NFL= 42 FI-SA 1977/78
N=1453.SAMEN/PARZELLE

4.	3.	3.	2.	3.	1.
2.	2.	3.	6.	6.	3.
2.	2.	2.	11.	11.	3.
2.	3.	2.	2.	4.	5.
2.	1.	2.	2.	2.	4.

NFL= 50 FI-SA 1977/78
N=6099.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	5.	4.	3.	3.
3.	4.	3.	4.	3.	3.
3.	6.	3.	5.	4.	3.
3.	4.	2.	3.	3.	4.
3.	3.	2.	3.	2.	3.

NFL= 52 FI-SA 1977/78
N=2008.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	3.	3.	2.	4.
5.	4.	3.	3.	3.	4.
4.	3.	3.	2.	3.	3.
4.	4.	4.	3.	4.	3.
3.	3.	4.	4.	3.	4.

NFL= 60 FI-SA 1977/78
N=2224.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	3.	4.	2.	3.
3.	3.	2.	1.	2.	11.
4.	3.	2.	2.	2.	2.
9.	5.	3.	3.	2.	2.
5.	7.	3.	2.	2.	2.

NFL= 62 FI-SA 1977/78
N=1588.SAMEN/PARZELLE

4.	5.	3.	3.	6.	3.
3.	4.	4.	4.	4.	3.
4.	4.	5.	4.	2.	3.
3.	3.	2.	3.	3.	2.
2.	2.	3.	3.	3.	3.

NFL= 10 TA-SA 1976/77
N= 511.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	4.	5.	4.	4.
3.	5.	3.	4.	5.	3.
4.	5.	3.	4.	4.	2.
2.	4.	5.	2.	3.	3.
2.	3.	2.	2.	4.	1.

NFL= 11 TA-SA 1976/77
N= 134.SAMEN/PARZELLE

2.	4.	4.	1.	3.	3.
3.	6.	4.	4.	2.	5.
6.	2.	1.	1.	1.	7.
6.	3.	5.	4.	2.	6.
4.	4.	1.	2.	1.	4.

NFL= 12 TA-SA 1976/77
N= 388.SAMEN/PARZELLE

2.	3.	2.	1.	1.	2.
3.	4.	3.	1.	2.	2.
5.	7.	2.	3.	4.	3.
3.	8.	5.	4.	1.	3.
4.	8.	4.	5.	3.	2.

NFL= 13 TA-SA 1976/77
N= 22.SAMEN/PARZELLE

0.	9.	0.	5.	0.	5.
9.	5.	5.	0.	5.	0.
0.	5.	5.	0.	5.	9.
5.	0.	0.	0.	9.	0.
14.	0.	5.	5.	0.	0.

NFL= 20 TA-SA 1976/77
N= 60.SAMEN/PARZELLE

2.	0.	7.	[illegible]	3.	8.
2.	2.	2.	[illegible]	0.	2.
5.	3.	5.	3.	2.	2.
3.	3.	7.	0.	5.	3.
8.	2.	5.	12.	0.	3.

NFL= 21 TA-SA 1976/77
N= 103.SAMEN/PARZELLE

3.	2.	1.	2.	4.	6.
1.	6.	4.	0.	7.	5.
2.	4.	2.	5.	2.	1.
5.	4.	4.	2.	5.	4.
3.	1.	4.	6.	4.	4.

NFL= 22 TA-SA 1976/77
N= 254.SAMEN/PARZELLE

1.	2.	3.	3.	4.	4.
4.	1.	2.	6.	3.	2.
2.	2.	3.	3.	6.	4.
1.	2.	4.	4.	4.	4.
3.	3.	3.	4.	7.	8.

NFL= 23 TA-SA 1976/77
N= 10.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	10.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	10.	0.	0.	0.
0.	0.	10.	10.	10.	10.
0.	10.	10.	0.	20.	0.

NFL= 30 TA-SA 1976/77
N= 105.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	3.	6.	4.	4.
1.	1.	2.	7.	8.	7.
5.	5.	2.	4.	3.	5.
2.	3.	4.	4.	3.	7.
3.	1.	3.	2.	1.	5.

NFL= 32 TA-SA 1976/77
N= 211.SAMEN/PARZELLE

2.	2.	5.	3.	4.	5.
1.	5.	3.	3.	3.	5.
2.	3.	6.	4.	3.	1.
1.	5.	2.	11.	4.	0.
1.	3.	4.	2.	3.	1.

NFL= 42 TA-SA 1976/77
N= 48.SAMEN/PARZELLE

6.	2.	6.	0.	2.	0.
2.	2.	4.	0.	2.	0.
19.	15.	15.	2.	2.	0.
6.	4.	0.	2.	0.	2.
0.	2.	0.	4.	0.	0.

NFL= 50 TA-SA 1976/77
N= 91.SAMEN/PARZELLE

12.	7.	0.	1.	1.	2.
8.	5.	0.	2.	2.	0.
5.	4.	2.	2.	2.	2.
2.	5.	0.	1.	3.	5.
3.	3.	2.	2.	8.	4.

NFL= 52 TA-SA 1976/77
N= 21.SAMEN/PARZELLE

5.	5.	0.	0.	5.	10.
5.	0.	0.	10.	5.	5.
5.	5.	5.	0.	5.	5.
0.	10.	0.	10.	5.	0.
0.	0.	0.	0.	5.	0.

NFL= 60 TA-SA 1976/77
N= 433.SAMEN/PARZELLE

4.	3.	6.	9.	5.	3.
2.	3.	2.	7.	4.	3.
1.	3.	2.	3.	7.	3.
2.	1.	2.	2.	5.	4.
1.	1.	1.	3.	4.	4.

NFL= 62 TA-SA 1976/77
N= 216.SAMEN/PARZELLE

2.	2.	2.	3.	4.	1.
4.	2.	2.	4.	6.	2.
3.	1.	3.	5.	5.	3.
2.	2.	2.	1.	7.	5.
6.	1.	3.	3.	9.	5.

NFL= 10 TA-SA 1977/78
N= 38.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	8.	0.	0.	8.
5.	0.	3.	3.	3.	0.
3.	5.	0.	5.	3.	0.
5.	5.	5.	5.	5.	3.
3.	0.	8.	3.	5.	3.

NFL= 11 TA-SA 1977/78
N= 31.SAMEN/PARZELLE

0.	3.	6.	6.	0.	6.
3.	3.	3.	0.	0.	3.
3.	0.	0.	0.	6.	6.
10.	3.	0.	6.	3.	3.
13.	6.	0.	0.	0.	3.

NFL= 12 TA-SA 1977/78
N= 51.SAMEN/PARZELLE

2.	6.	6.	0.	0.	0.
0.	2.	2.	4.	0.	0.
6.	8.	0.	10.	2.	6.
2.	2.	0.	0.	6.	0.
8.	4.	16.	2.	4.	4.

NFL= 13 TA-SA 1977/78
N= 10.SAMEN/PARZELLE

20.	0.	0.	0.	0.	10.
0.	0.	0.	0.	10.	0.
10.	0.	0.	0.	0.	10.
20.	0.	0.	0.	0.	10.
0.	10.	0.	0.	0.	0.

NFL= 20 TA-SA 1977/78
N= 7.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	29.
0.	0.	14.	0.	0.	0.
0.	14.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	14.
0.	14.	0.	0.	14.	0.

NFL= 21 TA-SA 1977/78
N= 108.SAMEN/PARZELLE

4.	4.	5.	1.	2.	2.
7.	4.	1.	6.	3.	0.
4.	8.	2.	1.	4.	0.
7.	12.	6.	0.	4.	0.
2.	5.	6.	1.	0.	1.

NFL= 22 TA-SA 1977/78
N= 30.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	20.	3.	0.	10.
7.	0.	7.	7.	3.	0.
3.	0.	3.	0.	3.	3.
0.	3.	0.	7.	3.	0.
0.	0.	0.	3.	3.	3.

NFL= 23 TA-SA 1977/78
N= 6.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	17.	0.	0.	17.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	17.	0.	0.	0.
0.	33.	0.	0.	17.	0.

NFL= 30 TA-SA 1977/78
N= 11.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	9.	18.	0.	0.
0.	9.	0.	0.	0.	9.
9.	18.	0.	0.	0.	0.
9.	9.	9.	0.	0.	0.

NFL= 32 TA-SA 1977/78
N= 24.SAMEN/PARZELLE

0.	13.	4.	0.	4.	0.
4.	0.	0.	4.	4.	4.
0.	8.	4.	4.	8.	0.
8.	4.	0.	8.	0.	4.
4.	4.	0.	4.	0.	0.

NFL= 42 TA-SA 1977/78
N= 14.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	7.	0.
21.	7.	0.	0.	7.	7.
7.	7.	0.	0.	7.	0.
7.	7.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	14.	0.	0.

NFL= 50 TA-SA 1977/78
N= 18.SAMEN/PARZELLE

22.	0.	6.	0.	6.	0.
6.	6.	0.	0.	0.	0.
11.	6.	6.	0.	0.	6.
0.	6.	0.	0.	6.	6.
0.	6.	6.	0.	0.	0.

NFL= 52 TA-SA 1977/78
N= 7.SAMEN/PARZELLE

0.	14.	0.	14.	0.	0.
0.	14.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	14.
14.	14.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	14.	0.	0.	0.

NFL= 60 TA-SA 1977/78
N= 57.SAMEN/PARZELLE

7.	2.	5.	19.	4.	2.
0.	2.	4.	5.	5.	4.
2.	2.	0.	0.	5.	4.
0.	2.	2.	0.	12.	4.
0.	2.	0.	4.	4.	2.

NFL= 62 TA-SA 1977/78
N= 118.SAMEN/PARZELLE

3.	1.	2.	1.	3.	3.
2.	3.	0.	3.	3.	5.
2.	3.	1.	3.	2.	6.
2.	0.	2.	7.	4.	5.
3.	5.	8.	3.	6.	12.

NFL= 10 BU-SA 1977/78
N= 397.SAMEN/PARZELLE

1.	2.	4.	4.	5.	6.
5.	2.	3.	3.	1.	2.
2.	2.	7.	2.	1.	1.
1.	2.	8.	4.	3.	4.
1.	1.	9.	9.	2.	8.

NFL= 11 BU-SA 1977/78
N= 215.SAMEN/PARZELLE

8.	6.	8.	4.	2.	1.
7.	5.	5.	2.	4.	1.
6.	3.	1.	2.	0.	0.
2.	1.	7.	1.	2.	0.
0.	1.	3.	9.	5.	2.

NFL= 12 BU-SA 1977/78
N= 269.SAMEN/PARZELLE

4.	3.	2.	4.	8.	18.
8.	4.	0.	1.	3.	9.
7.	4.	1.	1.	0.	5.
2.	4.	2.	0.	0.	1.
2.	2.	1.	0.	3.	0.

NFL= 13 BU-SA 1977/78
N= 2.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
50.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	50.	0.	0.	0.	0.

NFL= 20 BU-SA 1977/78
N= 157.SAMEN/PARZELLE

3.	4.	8.	[illegible]	2.	0.
7.	3.	4.	[illegible]	0.	1.
1.	1.	0.	2.	0.	0.
5.	3.	1.	3.	5.	1.
3.	3.	3.	15.	8.	3.

NFL= 21 BU-SA 1977/78
N= 125.SAMEN/PARZELLE

10.	1.	0.	2.	2.	7.
5.	1.	0.	1.	7.	20.
1.	0.	0.	0.	10.	15.
2.	1.	0.	0.	5.	4.
2.	1.	1.	1.	1.	1.

NFL= 22 BU-SA 1977/78
N= 82.SAMEN/PARZELLE

10.	10.	4.	4.	1.	7.
4.	1.	5.	4.	1.	2.
2.	4.	0.	1.	0.	0.
2.	2.	1.	1.	4.	2.
6.	2.	5.	1.	6.	6.

NFL= 23 BU-SA 1977/78
N= 2.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	0.	0.	50.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	50.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.

NFL= 30 BU-SA 1977/78
N= 370.SAMEN/PARZELLE

2.	6.	7.	2.	0.	2.
5.	8.	8.	1.	1.	3.
7.	9.	4.	2.	1.	1.
9.	6.	2.	5.	2.	0.
4.	1.	1.	1.	1.	1.

NFL= 32 BU-SA 1977/78
N= 78.SAMEN/PARZELLE

1.	10.	3.	5.	0.	0.
3.	10.	3.	3.	0.	8.
4.	15.	3.	3.	1.	0.
1.	10.	6.	0.	1.	0.
1.	1.	3.	4.	0.	1.

NFL= 42 BU-SA 1977/78
N= 100.SAMEN/PARZELLE

2.	5.	1.	8.	6.	14.
2.	9.	3.	2.	7.	8.
1.	3.	1.	2.	2.	3.
1.	3.	0.	0.	2.	0.
4.	2.	3.	0.	0.	6.

NFL= 50 BU-SA 1977/78
N= 462.SAMEN/PARZELLE

2.	1.	1.	0.	0.	0.
1.	1.	1.	1.	0.	0.
3.	4.	6.	2.	0.	0.
2.	3.	14.	4.	0.	0.
8.	11.	23.	9.	0.	0.

NFL= 52 BU-SA 1977/78
N= 400.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	1.	1.	2.	2.
5.	2.	3.	3.	1.	2.
7.	6.	4.	4.	2.	3.
6.	6.	5.	5.	3.	5.
3.	2.	4.	5.	2.	5.

NFL= 60 BU-SA 1977/78
N=1108.SAMEN/PARZELLE

5.	3.	1.	1.	1.	2.
6.	4.	2.	1.	2.	4.
5.	5.	3.	2.	4.	2.
2.	3.	5.	6.	4.	2.
2.	4.	7.	7.	5.	3.

NFL= 62 BU-SA 1977/78
N= 342.SAMEN/PARZELLE

1.	1.	2.	1.	0.	2.
0.	1.	2.	1.	2.	4.
1.	1.	1.	1.	1.	10.
0.	4.	4.	4.	4.	7.
1.	7.	9.	13.	10.	6.

NFL= 10 AH-SA 1977/78
N= 353.SAMEN/PARZELLE

7.	5.	3.	4.	2.	1.
3.	5.	5.	2.	1.	3.
5.	8.	4.	3.	1.	1.
4.	5.	4.	3.	2.	1.
2.	2.	8.	3.	1.	3.

NFL= 11 AH-SA 1977/78
N= 129.SAMEN/PARZELLE

2.	2.	2.	10.	2.	16.
4.	2.	4.	3.	9.	5.
2.	1.	1.	2.	6.	6.
3.	0.	2.	2.	2.	2.
2.	1.	2.	1.	2.	2.

NFL= 12 AH-SA 1977/78
N= 126.SAMEN/PARZELLE

2.	7.	6.	6.	6.	0.
2.	4.	2.	3.	3.	4
2.	6.	3.	6.	8.	2.
3.	4.	2.	2.	2.	2.
1.	2.	1.	1.	3.	2.

NFL= 13 AH-SA 1977/78
N= 14.SAMEN/PARZELLE

0.	7.	0.	0.	0.	0.
0.	7.	7.	7.	7.	0.
7.	0.	0.	0.	7.	7.
14.	7.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	7.	0.	0.	14.

NFL= 20 AH-SA 1977/78
N= 12.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	0.	8.	17.	8.
0.	0.	0.	0.	0.	8.
17.	8.	0.	0.	0.	8.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
0.	0.	8.	0.	0.	17.

NFL= 21 AH-SA 1977/78
N= 38.SAMEN/PARZELLE

8.	8.	13.	3.	5.	3.
5.	5.	3.	3.	3.	0.
0.	3.	3.	8.	0.	3.
3.	5.	0.	0.	0.	5.
3.	3.	3.	3.	3.	0.

NFL= 22 AH-SA 1977/78
N= 173.SAMEN/PARZELLE

2.	1.	2.	2.	3.	2.
5.	2.	3.	3.	5.	6.
3.	3.	1.	3.	5.	6.
3.	5.	1.	3.	2.	5.
4.	2.	1.	3.	5.	6.

NFL= 23 AH-SA 1977/78
N= 152.SAMEN/PARZELLE

1.	2.	1.	3.	2.	1.
1.	1.	2.	3.	5.	3.
0.	1.	1.	3.	4.	4.
2.	3.	6.	4.	2.	4.
3.	3.	5.	5.	5.	24.

NFL= 30 AH-SA 1977/78
N= 10.SAMEN/PARZELLE

0.	0.	10.	0.	0.	0.
0.	0.	10.	10.	0.	10.
0.	0.	0.	0.	0.	0.
30.	0.	10.	0.	0.	10.
0.	0.	0.	10.	0.	0.

NFL= 32 AH-SA 1977/78
N= 36.SAMEN/PARZELLE

3.	6.	0.	0.	8.	8.
3.	3.	0.	8.	0.	16.
0.	0.	0.	3.	6.	19.
0.	0.	0.	0.	0.	11.
3.	0.	0.	0.	0.	6.

NFL= 42 AH-SA 1977/78
N= 38.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	3.	0.	0.	5.
8.	5.	0.	3.	5.	0.
0.	5.	0.	3.	3.	0.
5.	3.	3.	0.	3.	5.
5.	13.	0.	8.	3.	8.

NFL= 50 AH-SA 1977/78
N= 65.SAMEN/PARZELLE

2.	8.	3.	2.	2.	2.
2.	5.	5.	2.	2.	2.
2.	3.	6.	5.	6.	5.
3.	5.	2.	3.	2.	5.
0.	8.	3.	2.	5.	6.

NFL= 52 AH-SA 1977/78
N= 626.SAMEN/PARZELLE

3.	4.	5.	5.	3.	4.
4.	3.	2.	7.	3.	5.
3.	2.	3.	3.	3.	3.
3.	2.	2.	1.	2.	3.
3.	4.	5.	4.	3.	2.

NFL= 60 AH-SA 1977/78
N= 415.SAMEN/PARZELLE

4.	7.	9.	4.	4.	3.
1.	3.	3.	3.	3.	5.
1.	2.	2.	3.	3.	4.
1.	1.	2.	3.	2.	8.
1.	1.	2.	1.	6.	9.

NFL= 62 AH-SA 1977/78
N= 178.SAMEN/PARZELLE

3.	3.	1.	1.	2.	6.
4.	4.	2.	2.	4.	10.
2.	4.	3.	2.	3.	4.
4.	3.	3.	3.	2.	5.
8.	1.	1.	2.	3.	3.

A N H A N G N R. 5

Vergleich der Mittelwerte

Verwendete Literatur:

GRIMM, 1960
LIENERT, 1962
SACHS, 1974
WEBER, 1972

1. Varianzanalyse

Die Varianzanalyse erlaubt den Vergleich einer beliebigen Zahl von Mittelwerten und kann auf jede Art von experimentellen Ergebnissen, die sich durch quantitative Messungen darstellen, wie die Resultate der vorliegenden Untersuchungen, angewandt werden.

Für die Durchführung der Varianzanalyse wurden die Versuchsparzellen in zwei Gruppen geteilt. In der ersten Gruppe wurden lediglich die waldbaulich abgestuften Parzellen der Hauptversuchsfläche, in der zweiten die Parzellenpaare "unbehandelt" und "starker Schirmhieb" der Versuchsflächen 1 bis 6 zum Vergleich herangezogen. Die Versuchsparzellen der ersten Gruppe stellen einen Blockversuch dar und dienen zur Feststellung des Einflusses unterschiedlicher Beschirmungsverhältnisse. Die Parzellenpaare der zweiten Gruppe wurden auf zwei Aspekte hin varianzanalytisch ausgewertet: einmal im Hinblick auf den möglichen Einfluß unterschiedlicher Beschirmungsdichten und zum anderen auf den der unterschiedlichen Standorte der Versuchsflächen. Die Beobachtungsdaten sind also nach zwei Merkmalen klassifiziert. Deshalb wurden Zweiweg-Varianzanalysen durchgeführt.

Das Schema für die Zweiwegklassifikation ist in Tab. 1 dargestellt.

A-Gruppen	B-Gruppen 1	2 .... j .... s	Summe	Mittel
1	x_{11}	$x_{12} \dots x_{1j} \dots x_{1s}$	$S_{1.}$	$\bar{x}_{1.}$
2	x_{21}	$x_{22} \dots x_{2j} \dots x_{2s}$	$S_{2.}$	$\bar{x}_{2.}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	x_{i1}	$x_{i2} \dots x_{ij} \dots x_{is}$	$S_{i.}$	$\bar{x}_{i.}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
r	x_{r1}	$x_{r2} \dots x_{rj} \dots x_{rs}$	$S_{r.}$	$\bar{x}_{r.}$
Summe	$S_{.1}$	$S_{.2} \dots S_{.j} \dots S_{.s}$	$S_{..}$	
Mittel	$\bar{x}_{.1}$	$\bar{x}_{.2} \dots \bar{x}_{.j} \dots \bar{x}_{.s}$		$\bar{x}_{..}$

Anhang Nr. 5
Tab. 1: Das Schema für die Zweiweg-Varianzanalyse (aus WEBER, 1972).

Durch die Varianzanalyse wird eine Aufspaltung der Gesamtvariabilität in die verschiedenen Variationsursachen vorgenommen. Nach Abzug aller Anteile, die auf erkannte Ursachen zurückzuführen sind - in unserem Fall sind zwei Ursachen bekannt - von der Gesamtvariabilität verbleibt der sogenannte Versuchsfehler (Restvariable). Versuchsfehler ist der Anteil an der Gesamtvariabilität, der sich nicht weiter analysieren läßt, der sich also nur noch aus Zufallseinflüssen zusammensetzt.

Die Summe der Abweichungsquadrate insgesamt (SQT) ergibt sich aus der Formel:

$$SQT = \sum_i \sum_j x^2_{ij} - C \ ,$$

wobei das Korrekturglied $C = \frac{s^2}{r \cdot s}$ mit $r \cdot s = n$ ist.

Man kann beweisen, daß die Formel SQT = SQA + SQB + SQR gültig ist, wobei SQA = die Summe der Abweichungsquadrate der Klasse A, SQB = die Summe der Abweichungsquadrate der Klasse B und SQR = die Summe der Abweichungsquadrate des Versuchsfehlers (Rest) bedeutet. Entsprechendes gilt für die Freiheitsgrade (FG). Die mittleren Quadrate (MQ) werden errechnet, indem man die Summe der Abweichungsquadrate (SQ) durch die entsprechenden Freiheitsgrade dividiert. So wird die Tafel der Varianzanalyse aufgestellt (Tab. 2).

Variabilitätsursache	FG	SQ	MQ	F
zwischen A-Klassen	r-1	$\sum \frac{s^2_{i\cdot}}{s} - C$	$\frac{SQA}{r-1}$	$\frac{MAQ}{MQR}$
zwischen B-Klassen	s-1	$\sum \frac{s^2_{\cdot j}}{r} - C$	$\frac{SQB}{s-1}$	$\frac{MQB}{MQR}$
Rest	(r-1)(s-1)	SQT-SWA-SQB	$\frac{SQR}{(r-1)(s-1)}$	-
insgesamt	n-1	$\sum_i \sum_j x^2_{ij} - C$	-	-

Anhang Nr. 5
Tab. 2: Tafel der Varianzanalyse für Zweiwegklassifikation.

Die Hypothese H_0 gleicher Mittelwerte wird bei einem vorgegebenen Signifikanz-Niveau (in unseren Untersuchungen $\alpha = 0{,}05$) abgelehnt, wenn

$$F_A > F_\alpha;\ r - 1;\ (r-1)\ (s-1)$$

bzw. $$F_B > F_\alpha;\ s - 1;\ (r-1)\ (s-1) \quad \text{ist.}$$

2. DUNCAN-Test

Ergibt sich, daß Unterschiede zwischen den Mittelwerten bestehen, wo wird man, um die Differenzen zwischen den Mittelwerten auf Signifikanz zu prüfen, bestimmte Testverfahren anwenden. Wir haben den Range-Test von DUNCAN durchgeführt. Um diesen Test auf eine Reihe von p Mittelwerten anwenden zu können, müssen diese nach der Größe geordnet sein. Aus der Varianzanalyse wird die mittlere Abweichung der Mittelwerte $s_{\bar{x}}$ und die zur Versuchsfehlervarianz gehörende Anzahl (f) von Freiheitsgraden benötigt.

($s_{\bar{x}} = \frac{MQR}{r}$ für die B-Gruppe und $s_{\bar{x}} = \frac{MQR}{s}$ für die A-Gruppe.)

Es werden die Differenzen zwischen je zwei Mittelwerten errechnet. Dann entnimmt man den entsprechenden Tabellen die Werte q (α; p, f). Jeder Tafelwert muß noch mit der mittleren Abweichung $s_{\bar{x}}$ multipliziert werden. Als Ergebnis findet man die kürzesten signifikanten Variationsbreiten R_p.

Für die Range-Tests gilt: "Die Differenz zwischen irgend zwei Mittelwerten in einer Reihe von p Mittelwerten wird dann als signifikant angesehen, wenn sie größer als die entsprechende signifikante Variationsbreite $R_p = s_{\bar{x}} \cdot q\ (\alpha;\ p,\ f)$ ist" (WEBER, 1972).

3. Transformation

Für die Durchführung der Varianzanalyse ist vorauszusetzen: Die Beobachtungen entstammen Zufallsstichproben aus zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheiten mit zumindest angenähert gleichen Varianzen. Weiterhin müssen die Wirkungen der bekannten Ursachen unabhängig und additiv sein. Die Erfüllung einer Voraussetzung bedeutet nicht, daß die anderen erfüllt sind.

In Kap. 4.3 wurde bewiesen, daß die Resultate nicht von Normalverteilungen stammen. Auch die Varianzen waren nicht angenähert gleich, wie der Test zur Prüfung der Gleichheit mehrerer Varianzen nach COCHRAN (SACHS, 1974) gezeigt hat. Deshalb wurden die Daten vor Durchführung der Varianzanalyse transformiert.

Die beste Transformation ist:

- Für die Dichte aller Samen die Transformation $x' = \log (x+1)$
- Für die keimfähigen Samendichten die Transformation $x' = \log x$
- Für die Keimprozente die Transformation $x' = \arcsin x$

Mit diesen Transformationen sind die Voraussetzungen zur Durchführung einer Varianzanalyse erfüllt.

4. Rechenbeispiele

4.1 Varianzanalyse

Als Rechenbeispiel für die Durchführung einer Varianzanalyse werden die Dichte der keimfähigen Fichtensamen aus dem Jahr 1977 der Parzellenpaare ("unbehandelt" und "starker Schirmhieb" von den Versuchsflächen 1 bis 6 verwendet.

Tab. 4 zeigt, wie die Summe der Abweichungsquadrate insgesamt zerlegt wurde und wie die mittleren Quadrate und die F-Werte gerechnet worden sind.

Beurteilung der Ergebnisse:
Aus Tab. 4 ist ersichtlich, daß für die Variabilitätsursache "Beschirmung" der errechnete F-Wert kleiner als der F-Wert aus der Tabelle mit $\alpha = 0{,}05$ und (1, 5) FG. Die verschiedenen Beschirmungsdichten haben keine Wirkung auf die keimfähigen Samendichten. Für die Variabilitätsursache "Versuchsfläche" ist jedoch der errechnete F-Wert größer als der $F_{0{,}05;\ (5,\ 5)}$. Es besteht also ein signifikanter Unterschied zwischen mindestens zwei Mittelwerten. Die verschiedenen Standorte der Versuchsflächen haben eine Wirkung auf die Samendichten.

Art des Eingriffs	Versuchsfläche Nr. 1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert
unbehandelt	82,53	62,53	215,20	21,00	372,80	84,80	838,86	139,81
starker Schirmhieb	43,33	51,87	102,13	27,20	134,27	70,67	429,47	71,58
Summe	125,86	114,40	317,33	48,20	507,07	155,47	1268,33	
Mittelwert	62,93	57,20	158,66	24,10	253,53	77,73		105,69

Art des Eingriffs	Versuchsfläche Nr. 1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert
unbehandelt	1,916	1,796	2,333	1,305	2,571	1,928	11,849	5,924
starker Schirmhieb	1,637	1,715	2,009	1,424	2,128	1,849	10,762	5,381
Summe	3,553	3,511	4,342	2,729	4,699	3,777	22,611	
Mittelwert	1,776	1,755	2,171	1,364	2,349	1,888		1,884

Anhang Nr. 5
Tab. 3: Schema für die Zweiweg-Varianzanalyse mit den Dichten der keimfähigen Fichtensamen aus dem Jahr 1977 der Parzellenpaare von den Versuchsflächen 1 bis 6.

Oben: nicht transformierte Werte, Stück/m^2
Unten: transformierte Werte $x' = \log x$

Variabilitäts-ursache	FG	SQ	MQ	$\hat{F}$	$F_{0,05}$
Beschirmungsgrad	1	$\frac{11,849^2+10,762^2}{6} - 42,605 = 0,0985$	0,0985	4,78	6,61
Versuchsfläche	5	$\frac{3,553^2+3,511^2+ \ldots +3,777^2}{2} - 42,605 = 1,1945$	0,2388	11,60	5,05
Rest	5	1,3954-0,0985-1,1945 = 0,1029	0,0206	-	-
insgesamt	11	$1,916^2+1,796^2+ \ldots +2,128^2+1,849^2-42,605 =$ = 1,3954	-	-	-

Anhang Nr. 5
Tab. 4: Tafel der Varianzanalyse für Zweiweg-Varianzanalyse mit Werten aus Tab. 3 unten.

4.2 DUNCAN-Test

Wollen wir herausfinden, welche Mittelwerte sich unterscheiden, so wenden wir den DUNCAN-Test an. Aus der Varianzanalyse entnehmen wir:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{0,02058}{2}} = 0,1014 \quad \text{mit FG} = 5.$$

In der Tab. 5 sind die Mittelwerte nach der Größe geordnet, die tabellarischen q-Werte mit $\alpha = 0,05$, FG = 5 und entsprechendem p, sowie der R_p-Wert = $q \cdot s_{\bar{x}}$ enthalten.

Versuchsfläche Nr.	Mittelwert	p	q	R_p
4	1,365			
2	1,755	2	3,635	0,368
1	1,776	3	3,749	0,380
6	1,888	4	3,797	0,385
3	2,171	5	3,814	0,388
5	2,349	6	3,814	0,388

Anhang Nr. 5
Tab. 5: Die p-, q- und R_p-Werte für den DUNCAN-Test.

In der Tab. 6 sind die Differenzen zwischen den Mittelwerten zusammengestellt.

Versuchsfläche Nr.	2	1	6	3	5
4	0,390	0,412	0,523	0,806	0,985
2		0,021	0,133	0,416	0,594
1			0,111	0,394	0,573
6				0,283	0,461
3					0,178

Anhang Nr. 5
Tab. 6: Differenzen zwischen den Mittelwerten.

Dann wird die Differenz zwischen irgend zwei Mittelwerten in einer Reihe von p Mittelwerten mit dem entsprechenden R_p-Wert verglichen. Ist die Differenz der zwei Mittelwerte größer als der R_p-Wert, so besteht ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Mittelwerten. Z.B.: Die Mittelwerte von den Versuchsflächen 4 und 6 sind in einer Reihe von p = 4 Mittelwerten. R_4 = 0,385 (Tab. 5); $\bar{x}_6 - \bar{x}_4$ = 0,523 (Tab. 6). Da 0,523 $>$ 0,385 besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Versuchsflächen 4 und 6. Die Mittelwerte von den Versuchsflächen 2 und 6 sind in einer Reihe von 3 Mittelwerten. Die Differenz zwischen diesen Mittelwerten ist 0,133 $<$ R_3 = 0,380, d.h. zwischen diesen beiden Mittelwerten besteht kein signifikanter Unterschied.

Beurteilung der Ergebnisse:
In der Tab. 6 sind die nicht signifikanten Differenzen unterstrichen. So ist ersichtlich, daß die Dichten der keimfähigen Fichtensamen aus dem Jahr 1977 auf den Versuchsflächen 1, 2 und 6 gleichwertig sind. Das gleiche gilt für die Dichten auf den Versuchsflächen 6 und 3 sowie 3 und 5. Alle anderen Dichten weisen signifikante Unterschiede auf.

A N H A N G N R . 6

Der Vergleich unabhängiger empirischer Verteilungen von Häufigkeitsdaten

Verwendete Literatur:

SACHS, 1972; 1974

1. Der χ^2-Mehrfelder-Test

Zur Beurteilung, ob das Fallen der Samen einer Baumart auf den verschiedenen Versuchsparzellen gleichartig verläuft, wurde der Mehrfelder- χ^2-Test angewendet. Dafür wurden die Häufigkeitsverteilungen, die die Samenmengen pro Aufnahmetermin darstellen, benutzt.

Der Mehrfelder- χ^2-Test erlaubt den Vergleich auf Gleichartigkeit von r verschiedenen Stichproben mit den Umfängen n_1, n_2 ... n_c aus c verschiedenen diskreten Verteilungen. Die Daten werden auf einer Mehrfeldertafel eingeordnet, die c Spalten und r Zeilen aufweist (Tab. 1).

1. Merkmal (r Zeilen) \ 2. Merkmal (c Spalten)	1 2 - j - c	Zeilensumme
1	n_{11} n_{12} - n_{1j} - n_{1c}	$n_{1.}$
2	n_{21} n_{22} - n_{2j} - n_{2c}	$n_{2.}$
	- - - - - -	-
i	n_{i1} n_{i2} - n_{ij} - n_{ic}	$n_{i.}$
-	- - - - - -	-
r	n_{r1} n_{r2} - n_{rj} - n_{rc}	$n_{r.}$
Spaltensumme	$n_{.1}$ $n_{.2}$ - $n_{.j}$ - $n_{.c}$	$n_{..} = n$

Anhang Nr. 6
Tab. 1: Schema einer r-c-Mehrfeldertafel (aus SACHS, 1974).

Die Prüfgröße ist

$$\hat{\chi}^2 = n\left\{\sum_{i=1}^{r}\frac{1}{n_{i.}}\left(\sum_{j=1}^{c}\frac{n_{ij}^2}{n_{.j}}\right) - 1\right\} \qquad (1)$$

mit (r-1) (c-1) Freiheitsgraden. Hierin bedeuten:

n = Umfang der Stichprobe bzw. Gesamtstichprobenumfang
n_{ij} = Besetzungszahl des Feldes in der i-ten Zeile und der j-ten Spalte
$n_{i.}$ = Summe der Besetzungszahlen der i-ten Zeile (Zeilensumme)
$n_{.j}$ = Summe der Besetzungszahlen der j-ten Spalte (Spaltensumme)
$n_{i.}n_{.j}$ = Produkt der Randsummen

Die Erwartungshäufigkeiten (E) berechnen sich nach $n_i \cdot n \cdot j/n$.

Zur Anwendung des Tests ist Voraussetzung, daß n groß ist und daß alle $E > 2$ sind. Hat die Tafel mehr als 8 Felder, dann dürfen alle $E > 1$ sein (SACHS, 1972). Die Mehrfelder-Teste, die von uns durchgeführt wurden, hatten $n > 100$. Falls $E < 1$ bzw. $E < 2$ vorkamen, wurde die Samenmenge der Zeile mit dem unterbesetzten Feld mit der Samenmenge der nächsten Zeile zusammengefaßt.

2. Rechenbeispiel

Als Rechenbeispiel für die Anwendung des Mehrfeldertests werden die Befunde von den Parzellen 1.0, 1.1 und 2.2 für keimfähige Fichtensamen aus dem Jahr 1977/78 verwendet.

Aufnahme-datum	P a r z e l l e			Zeilen-summe
	1.0	1.1	2.2	
20. 8.77	0	0	0	0
27. 9.77	0	0	0	0
11.10.77	42	16	6	64
25.10.77	57	34	10	101
8.11.77	55	22	9	86
15. 3.78	373	390	228	991
25. 4.78	50	64	52	166
30. 5.78	22	25	10	57
28. 6.78	19	13	8	40
30. 7.78	1	2	1	4
30. 8.78	0	1	1	2
Spalten-summe	619	567	325	1511

Anhang Nr. 6
Tab. 2: Mehrfeldertafel für die keimfähigen Fichtensamen aus dem Jahr 1977/78.

Tab. 2 enthält die keimfähigen Fichtensamen pro Aufnahmetermin und Versuchsparzelle. Zuerst werden die Erwartungshäufigkeiten für alle Felder berechnet, z.B. für das Feld: Aufnahmetermin 30.7.78/Parzelle 2.2 ist $E = 4 \cdot 325/1511 = 0{,}86 < 1$. Da die Voraussetzung zur Anwendung des Tests $E > 1$ nicht erfüllt ist, werden die Spalten Aufnahmetermin 30.7.78 und 30.8.78 zusammengefaßt (Tab. 3). Danach ist diese Voraussetzung erfüllt, da $E = 6 \cdot 325/1511 = 1{,}29 > 1$ wird.

Zeitraum	Parzelle 1.0	1.1	2.2	Zeilensumme
30. 8.77 bis 11.10.77	42	16	6	64
bis 25.10.77	57	34	10	101
bis 8.11.77	55	22	9	86
bis 15. 3 8	373	390	228	991
bis 25.4.78	50	64	52	166
bis 30. 5.78	22	25	10	57
bis 28. 6.78	19	13	8	40
bis 30. 8.78	1	3	2	6
Spaltensumme	619	567	325	1511

Anhang Nr. 6
Tab. 3: Mehrfeldertafel zur Anwendung des Mehrfelder- χ^2-Tests (ergibt sich aus Tab. 2).

Für die Zeilen Aufnahmetermin 30.8.77 und 27.9.77 ist die Voraussetzung $E > 1$ sinngemäß nicht erfüllt, und sie wurden daher mit der Zeile Aufnahmetermin 11.10.77 zusammengefaßt. So ergibt sich eine neue Mehrfeldertafel (Tab. 3). Der Test wird anhand dieser Tafel durchgeführt.

Der χ^2-Wert hat FG = (Spaltenanzahl - 1) . (Zeilenanzahl - 1) = = 8 · 2 = 16 und wird nach der Formel (1) berechnet.

$$\chi^2 = 1511\left[\frac{1}{64}\left(\frac{42^2}{619} + \frac{16^2}{567} + \frac{6^2}{325}\right) + \frac{1}{101}\left(\frac{57^2}{619} + \frac{34^2}{567} + \frac{10^2}{325}\right) + \right.$$

$$\left. + \ldots + \frac{1}{6}\left(\frac{1^2}{619} + \frac{3^2}{567} + \frac{2^2}{325}\right) - 1\right] = 68{,}554$$

Da $68{,}554 > 39{,}25 = \chi^2_{16;\ 0{,}001}$ ist, wird die Nullhypothese, daß der Fall der keimfähigen Fichtensamen auf den Versuchsparzellen 1.0, 1.1 und 2.2 gleichartig verläuft, abgelehnt.

L E B E N S L A U F

Ich, Theodoros Veltsïstas, wurde am 19. Juni 1947 als Sohn von Panagiotis Veltsistas, Unternehmer, und seiner Ehefrau Maria, geb. Trikalinou, in Aetolikon, Griechenland, geboren.

Nach Abschluß der Volksschule des Gymnasiums in Aetolikon und des Lykiums in Messolongi begann ich im Oktober 1965 mein Forststudium an der Land- und Forstwissenschaftlichen Fakultät der Aristoteles-Universität in Thessaloniki. Im Juli 1970 schloß ich meine forstliche Ausbildung mit dem Diplom eines Forstingenieurs ab. Anschließend wurde ich für 28 Monate zum Militärdienst einberufen.

Von Mai 1973 bis Februar 1974 arbeitete ich am Forstamt Messolongi als Forstingenieur. Ab Juni 1974 war ich Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Kiefernsperrholz der Universität Freiburg i.Br., wobei ich mich überwiegend mit der statistischen Auswertung der erhobenen Daten beschäftigte.

Nach Erhalt eines Stipendiums von seiten des DAAD für ein Fachstudium in Deutschland, kam ich im Oktober 1975 nach München, um die vorliegende Dissertation am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung anzufertigen. Seit August 1979 bin ich als Forstingenieur am Forstamt Messolongi tätig.

München, den 1. Dezember 1980

D. GRÄBNER
DISSERTATIONS U. OFFSETDRUCKEREI

Gotenstraße 3
8602 Altendorf bei Bamberg
Telefon: 09545/8791